

LAS DIMENSIONES SOCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

28 de Mayo de 2013



LAS DIMENSIONES SOCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

28 de Mayo de 2013



BANCO MUNDIAL

Unidad Administrativa del Sector de Desarrollo Sustentable
Región de América Latina y el Caribe

Documento del Banco Mundial

AGRADECIMIENTOS

Este equipo de estudio fue liderado por Rodrigo Serrano-Berthet y Martin Lenihan y compuesto por Margaret Arnold, Maximilian Ashwill, Alejandro de la Fuente, Rasmus Heltberg y Ana Paola López Espinosa. Los documentos de apoyo fueron preparados por Alejandro de la Fuente y Christian Borja-Veja (sobre el cambio climático y la vulnerabilidad rural), Alejandro de la Fuente y Marcelo Olivera Villarroel (sobre el cambio climático y la desnutrición y sobre el cambio climático y la pobreza) y Denisse Cruz, Alejandro de la Fuente y Juan Soriano (sobre el riesgo de desastres naturales y su correlación con la pobreza). El equipo agradece a los revisores/colaboradores Nicolas Perrin, John Nash y Ana Bucher. Maribel Cherras proporcionó un excelente apoyo administrativo.

Abreviaturas y Acrónimos

CCVI	Índices de Vulnerabilidad al Cambio Climático
CCKP	Portal de Conocimiento de Cambio Climático
CENAPRED	Centro Nacional para la Prevención de Desastres
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
CONEVAL	Consejo Nacional para la Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CRED	Centro para la Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres
DUIS	Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables
ENACC	Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
FOPREDEN	Fondo para la Prevención de Desastres Naturales
GEE	Estimación de Equilibrio General
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PCA	Análisis de componentes principales
PEC	Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PDZP	Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias
PESA	Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria
PET	Programa de Empleo Temporal
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PPD	Préstamo para Políticas de Desarrollo
PRAH	Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Abreviaturas y Acrónimos

SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TMC	Transferencias Monetarias Condicionadas
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
ZAP	Zonas de Atención Prioritaria

VICEPRESIDENTE	Hasan Tuluy
DIRECTOR PAÍS	Gloria Grandolini
DIRECTOR DEL SECTOR	Ede Jorge Ijjasz-Vasquez
GERENTE DEL SECTOR	Maninder Gill
LÍDER DEL SECTOR	Alexandra Ortiz
LÍDER DEL EQUIPO DE PROYECTOS	Rodrigo Serrano-Berthet
LÍDER ADJUNTO DEL EQUIPO DE PROYECTOS	Martin Lenihan

Dedicado a la memoria de nuestro estimado colega
Dr. Ricardo Hernández Murillo

Contenido

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	7
¿Quiénes son los más vulnerables al cambio climático y dónde se ubican?	7
¿Cuáles son los impactos en el bienestar humano?	8
¿Cuáles son las opciones de políticas públicas y reforma institucional?	8
1. ENTENDER LOS IMPACTOS SOCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO	11
1.1 El contexto del cambio climático en México	13
1.2 Marco conceptual	14
1.3 Datos y métodos	15
2. QUIÉNES SON LOS MÁS VULNERABLES Y DÓNDE SE UBICAN	17
2.1 Vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos peligrosos a corto plazo	18
2.2 Vulnerabilidad al cambio climático a largo plazo de los hogares rurales	23
2.3 Conclusiones	30
3. DE QUÉ FORMA SE VERÁ AFECTADO EL BIENESTAR HUMANO POR EL CAMBIO CLIMÁTICO	31
3.1 El cambio climático y desnutrición rural	32
3.2 Cambio climático y pobreza de ingresos	36
3.3 Cambio climático e indicadores del desarrollo humano	38
4. LAS POLÍTICAS Y EL MARCO INSTITUCIONAL	39
4.1 Fortalecimiento de adaptación a largo plazo de los medios de subsistencia rurales a nivel subnacional	40
4.1.1 <i>El actual marco de políticas para el fortalecimiento de la adaptación de los medios de subsistencia rurales</i>	41
4.1.2 <i>Medidas de políticas relevantes convenidas bajo el Préstamo para Políticas de Desarrollo, Área de Política 1: Fortalecer la resiliencia social a través de la planificación de adaptación a largo plazo orientada a nivel estatal</i>	41
4.1.3 <i>Retos y opciones de política actuales para fortalecer la adaptación de los hogares rurales</i>	43

4.2 Fortalecimiento de la reducción del riesgo de desastres a nivel municipal	44
<i>4.2.1 El actual marco de política para la reducción de desastres en México</i>	<i>44</i>
<i>a. Respuesta y preparación ante desastres</i>	<i>44</i>
<i>b. Planificación y gestión de adaptación urbana</i>	<i>46</i>
<i>4.2.2 Medidas de políticas relevantes convenidas bajo el Préstamo para Políticas de Desarrollo, Área de política 2: Fortalecer la resiliencia social a través de la reducción de riesgo de desastres orientada a nivel municipal</i>	<i>48</i>
<i>4.2.3 Desafíos y opciones actuales para la reducción de riesgos de desastres a nivel municipal</i>	<i>48</i>
4.3 Proteger el bienestar de los hogares de los impactos del cambio climático	49
<i>4.3.1 Programas actuales para proteger el bienestar de los hogares</i>	<i>49</i>
<i>a. Programa de Prevención y Manejo de Riesgos: el programa de emergencias climáticas para los hogares agrícolas</i>	<i>49</i>
<i>b. El papel único de Oportunidades</i>	<i>49</i>
<i>c. Otros programas enfocados en la desnutrición</i>	<i>50</i>
<i>4.3.2 Medidas de políticas relevantes convenidas bajo el Préstamo para Políticas de Desarrollo, Área de Política 2: Mejorar el enfoque del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos.</i>	<i>51</i>
<i>4.3.3 Retos y opciones de política actuales para proteger el bienestar de los hogares</i>	<i>51</i>
4.4 Conclusiones	53
Referencias	55
Anexos	59

Resumen

Dos huracanes golpearon el sur de México en el año 2005: el poderoso huracán Wilma (categoría 5) y el relativamente débil huracán Stan (categoría 1). Si bien Wilma causó más daños que Stan en términos monetarios (\$5 mil millones versus \$3 mil millones respectivamente), la recuperación de Wilma fue más rápida porque golpeó las zonas turísticas de la península de Yucatán más resilientes (y mejor aseguradas), en comparación con Stan, que devastó los barrios y comunidades rurales indígenas de Chiapas. Esto demuestra que a pesar de enfrentarse a eventos climáticos más extensos y a pérdidas importantes, las comunidades más resilientes y de mayor poder adquisitivo se recuperan más rápido que las comunidades pobres y vulnerables expuestas a choques menores. Más recientemente, la hambruna que experimentó la comunidad Tarahumara como consecuencia de la grave sequía en el estado de Chihuahua, demuestra el continuo impacto de la variabilidad climática en el bienestar humano y la necesidad de fortalecer la resiliencia de los hogares y la capacidad de adaptación a nivel local.

El presente estudio identifica los factores claves que explican estas diferencias socioespaciales en cuanto a resiliencia y vulnerabilidad al cambio climático en México, junto con las opciones de políticas públicas en los diferentes niveles de gobierno para fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los hogares pobres en zonas expuestas. La vulnerabilidad se define como la medida en que el cambio climático podría dañar o perjudicar los sistemas sociales o medioambientales. El informe está dirigido a los responsables del diseño de políticas públicas y analistas en México, así como a la comunidad de profesionales del desarrollo que trabajan en la adaptación al cambio climático dentro del Banco Mundial y en otras instituciones.

El estudio responde a tres preguntas clave con relación a los factores sociales que explican la vulnerabilidad al cambio climático: (1) Quiénes son vulnerables y dónde están ubicados (2) Cómo afectará el cambio climático al bienestar (ingresos y nutrición) de los hogares vulnerables en México y (3) Qué políticas públicas y reformas institucionales pueden fortalecer la resiliencia de los grupos sociales más vulnerables en los lugares más expuestos. El estudio se basa

principalmente en un análisis espacial y temporal de datos secundarios provenientes de diversas fuentes que capturan aspectos de exposición en el municipio y el hogar, la sensibilidad y la capacidad de adaptación al cambio climático.

¿Quiénes son los más vulnerables al cambio climático y dónde se ubican?

Si bien el número de personas que mueren a causa del ***impacto inmediato de desastres climáticos*** ha disminuido durante los últimos diez años, nunca antes han sido más personas afectadas que en la actualidad. Los análisis realizados sobre el riesgo de desastres naturales a nivel municipal muestran que los municipios de más alto riesgo están conformados por viviendas de bajos ingresos e infraestructura pública insuficiente (carreteras, hospitales, escuelas y puentes), cuentan con perfiles socioeconómicos menos privilegiados, escasos instrumentos de respuesta ante desastres y se encuentran en riesgo de deforestación:

- Los municipios con niveles de alto riesgo son, en su mayoría, pobres y rurales, conformados por grandes poblaciones indígenas, con un mayor número de viviendas con piso de tierra y con hogares encabezados por mujeres.
- Solamente 21% de los municipios con altos niveles de riesgo hidrometeorológico cuentan con un plan de respuesta ante desastres, 61% tienen un programa de defensa civil, mientras que poco más de la mitad señalaron tener mapas de riesgos.
- Siete de cada diez municipios con niveles de alto riesgo de desastres naturales fueron clasificados como de alto riesgo de deforestación por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Esta proporción se reduce a menos del 50% en los municipios considerados de bajo riesgo.

La ***vulnerabilidad de los hogares rurales en actividades agrícolas frente al cambio climático a largo plazo*** se calculó a nivel municipal a través de un índice compuesto que mide la exposición (área de superficie agrícola, temperatura y variación de la precipitación, entre otras), sensibilidad (pobreza alimentaria, cobertura de riego, población agrícola,

entre otras) y capacidad de adaptación (miembros de organización de agricultores, remesas, lejanía, asistencia para desastres, entre otras). Mientras que algunos estados de la República Mexicana experimentarán un incremento de vulnerabilidad en los hogares rurales a nivel municipal, otros experimentarán una disminución. Además, habrá focos de mayor vulnerabilidad en los estados considerados resilientes y focos de resiliencia en estados donde se espera que aumente la vulnerabilidad en general.

- Hasta 2045, la vulnerabilidad aumentará significativamente en los estados centrales como Zacatecas y Guanajuato, en parte debido a la creciente escasez de agua. También habrá importantes aumentos de vulnerabilidad en los estados del sur que tienen mayor exposición (Yucatán y Chiapas), así como la sequía afectará el estado norteño de Chihuahua.
- Las mayores disminuciones de vulnerabilidad ocurrirán en los estados del Pacífico norte como Sonora, Sinaloa y Nayarit que cuentan con alta cobertura de riego, agricultura diversa y buenas condiciones socioeconómicas.
- Las tendencias a nivel estatal ocultan cambios importantes dentro de los mismos: 18% de los municipios en Oaxaca muestran aumentos de vulnerabilidad superiores a la media nacional, mientras que los restantes tienen aumentos inferiores al promedio.
- Los municipios en la categoría altamente vulnerable tienden a integrarse por pueblos indígenas, pequeños agricultores y se caracterizan por el acceso limitado de los agricultores a ahorros, remesas y programas gubernamentales.

¿Cuáles son los impactos en el bienestar humano?

Este informe demuestra que el cambio climático (mediante los efectos de la precipitación y la temperatura en la productividad agrícola de maíz de temporal) guarda una relación con la desnutrición infantil (desmedro) en áreas rurales. Se encontró que a mayor productividad agrícola menor desnutrición infantil. También es posible que los impactos del cambio climático desaceleren la tasa de reducción de la pobreza.

- Para la temporada primavera-verano 2030-2039, la mayoría de los municipios (84%) experimentarán al menos una disminución marginal en la producción de maíz,

mientras que algunos municipios experimentarán disminuciones superiores al 15%.

- El cambio climático se asocia con cambios en la desnutrición en niños menores de cinco años en las zonas rurales de entre -4.73% a +1.59% en 2030, donde la mayoría de los municipios (81%) exhiben aumentos marginales debido al cambio climático, mientras que varios municipios en los estados de Yucatán y Chihuahua muestran aumentos de entre 4% y 8%.
- De acuerdo con estimaciones realizadas, una mayor densidad poblacional y crecimiento económico podrían reducir la pobreza de 49.4% en 2005 a 15.25% en 2030. Sin embargo, si se considera el cambio climático, la pobreza se podría reducir de 49.4% en 2005 a 17.68% en 2030. Por lo tanto, el cambio climático frenaría el ritmo de reducción de la pobreza en 2.4 puntos porcentuales, lo que significa que 2.9 millones de personas permanecerán en situación de pobreza.

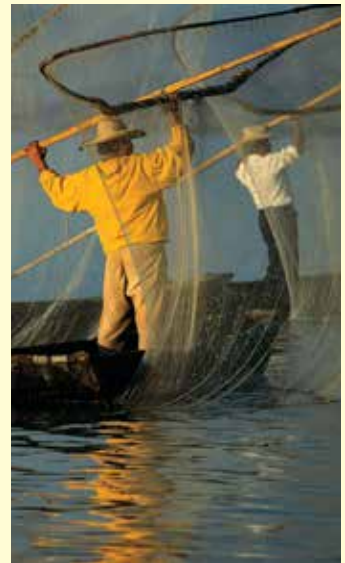
¿Cuáles son las opciones de políticas públicas y reforma institucional?

- A nivel federal, hay una gama de programas innovadores enfocados en las respuestas a desastres y prevención, desarrollo urbano sustentable y adaptación de hogares rurales. Varios de estos programas como el Programa de Empleo Temporal Inmediato (PETi) de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y el Programa de Prevención y Manejo de Riesgos de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA) del Gobierno Federal, se consolidaron aún más con el Préstamo para Políticas de Desarrollo (PPD) aprobado en marzo de 2012 sobre Fortalecimiento de la Resiliencia Social al Cambio Climático.
- También hay evidencia preliminar de que los programas de transferencias monetarias condicionadas (TMC) como *Oportunidades*, aunque no están diseñados para atender desastres naturales, ayudan a reducir el impacto negativo de los choques climáticos (inundaciones y sequías) en el ingreso de los hogares.
- Los desafíos de las políticas clave de adaptación actuales incluyen una limitada capacidad municipal para combatir la dispersión, prevenir proactivamente y manejar desastres, incorporar la adaptación a las iniciativas de desarrollo local y rural, y fortalecer las redes de

seguridad existentes para responder a desastres naturales.

- Es posible avanzar en una serie de medidas de política, incluyendo: 1) gestión urbana adaptativa centrada en la densificación y el desarrollo del centro de la ciudad, 2) un sistema proactivo e integrado de gestión de riesgo de desastres, 3) focalización de los programas de desarrollo rural a las comunidades más vulnerables al clima, 4) diseño de un sistema para integrar los puntos de vista ciudadanos así como el conocimiento local/ indígena en las decisiones de adaptación, 5) pilotaje de sistemas locales de alerta temprana de seguridad alimentaria, 6) evaluación continua del papel del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos de la SAGARPA y de *Oportunidades* en contribuir a la recuperación de los hogares ante desastres.

1. Entender los impactos
sociales del cambio
climático



Este estudio analiza los principales impactos sociales del cambio climático en México y evalúa la pertinencia de las acciones de política para fortalecer la resiliencia entre los grupos sociales vulnerables que viven en lugares expuestos. Este documento es complementario al Préstamo para Políticas de Desarrollo (PPD) del Banco Mundial sobre el Fortalecimiento de la Resiliencia Social al Cambio Climático en México. Su objetivo es proporcionar una perspectiva socioespacial única sobre vulnerabilidad al cambio climático, investigar la distribución desigual y los posibles incrementos del riesgo relacionados con el clima a nivel municipal con relación a la infraestructura, los hogares rurales y los indicadores clave de desarrollo humano como desnutrición y pobreza. Además de proporcionar entradas analíticas para el PPD, el informe también tiene el potencial de informar la elaboración de instrumentos de políticas y estrategias clave del Gobierno de México, tales como la Estrategia Nacional de Adaptación y la Sexta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Para hacer frente a la distribución desigual de los incrementos de la vulnerabilidad al clima en los hogares rurales, riesgos de desastres naturales e impactos negativos en el bienestar humano, es importante que las políticas a nivel nacional implementen la adaptación a nivel subnacional. Para tener éxito, los marcos normativos que permitan la adaptación subnacional deberán tomar en cuenta las diferencias de vulnerabilidad entre municipios, así como las condiciones socioeconómicas de los municipios más vulnerables.

Originalmente, este estudio se inició como parte de un análisis regional más amplio de los impactos sociales del cambio climático en América Latina, pero posteriormente se decidió realizar un análisis más profundo en México. Una de las motivaciones para la realización de dicho análisis fue la elaboración del mencionado PPD en 2011-2012 sobre Fortalecimiento de la Resiliencia Social al Cambio Climático. Para ello, se aprovechó una donación del Fondo Fiduciario de la Evaluación de la Pobreza y el Impacto Social para complementar el presupuesto principal asignado a esta tarea. Las contribuciones analíticas del informe desempeñaron un papel importante en el diseño y el acuerdo sobre una serie de acciones políticas acordadas en el PPD, especialmente aquellas para fortalecer los programas de gestión de desastres. Las contribuciones analíticas en el informe servirán también para apoyar la asistencia técnica continua a las contrapartes

del cliente durante la supervisión del PPD. Esto es especialmente el caso con los trabajos analíticos sobre cambio climático y vulnerabilidad municipal, así como cambio climático y desnutrición, que se utilizarán para complementar la labor en curso de adaptar el Portal de conocimiento del cambio climático (CCKP) a las necesidades del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Durante la elaboración de este estudio, el equipo trabajó con una gama de actores del gobierno de México. Las principales contrapartes incluyeron varios actores principales en la elaboración del PPD: la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Secretaría de Agricultura (SAGARPA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Otras contrapartes importantes durante la elaboración del estudio incluyen al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) y el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED).

Para efectos de este estudio, se elaboraron cuatro documentos analíticos de apoyo. Estos documentos incluyen un diagnóstico sobre riesgo de desastres naturales a nivel municipal, diseñado especialmente para complementar la preparación del PPD, un estudio sobre el cambio climático y la vulnerabilidad agrícola a nivel municipal, y estudios sobre el cambio climático y desnutrición y pobreza. Otras contribuciones analíticas importantes que se están llevando a cabo incluyen un análisis de las consecuencias de algunos choques hidrometeorológicos en los patrones de consumo de hogares rurales en pobreza extrema y el papel del programa *Oportunidades*, de transferencias condicionadas, en aliviar el consumo.

El informe está dividido en cuatro capítulos principales comenzando por la *comprensión de los impactos sociales del cambio climático*, que detalla el contexto del cambio climático en México, el marco conceptual utilizado, así como los métodos y fuentes de información utilizadas. Esto es seguido por un capítulo relativo al perfil y la ubicación espacial de los grupos de población y municipios más vulnerables al cambio climático. Se presentan los resultados de los documentos de apoyo sobre riesgo de desastres hidrometeorológicos a nivel

municipal, así como el riesgo a largo plazo del aumento de la vulnerabilidad agrícola de los hogares rurales provocada por el cambio climático. El siguiente capítulo detalla los potenciales *impactos del cambio climático en el desarrollo humano y el bienestar* y se basa en el documento de apoyo sobre la relación entre cambio climático y desnutrición, así como la relación entre la variabilidad climática y diferentes niveles de pobreza por ingresos. Por último, se presenta una discusión sobre la política y el marco institucional existente para hacer frente a los desafíos identificados en el estudio. Se identifican las fortalezas del sistema existente y se explica cómo éstas han sido reforzadas con el reciente PPD. Asimismo, se aborda el papel que desempeña el Programa *Oportunidades* en aliviar el consumo de hogares pobres afectados por contingencias hidrometeorológicas y se identifican las opciones para el fortalecimiento del marco institucional y la política pública en el futuro.

1.1 El contexto del cambio climático en México

Las proyecciones de escenarios de cambio climático sugieren temporadas de sequías prolongadas en el norte y centro del país así como una continuación e incremento de la subida del nivel del mar y de amenazas tales como huracanes a lo largo del Pacífico y la Costa Atlántica. Según la Tercera Comunicación Nacional sobre cambio climático y los resultados de recientes escenarios climáticos generados utilizando modelos de circulación mundial (escenarios de emisiones A2 y B2), se pueden esperar varios impactos del cambio climático en México:

- a. ***Es muy probable que el clima de México sea*** más cálido. Hacia 2020, los aumentos de temperatura proyectados en el invierno (diciembre-febrero) serán entre 0° C y 2.5° C y en el verano (junio-agosto) estarán entre 0.9° C y 2.2° C. Es muy probable que en el año 2050 el clima en México sea entre 2° C y 4° C más cálido, sobretodo en las partes centro y norte del país.
- b. ***Es probable que el clima de México se vuelva más seco, con una disminución proyectada de la precipitación, así como cambios en su distribución estacional,*** en relación al escenario base de 1961-1990. Por ejemplo, se esperan reducciones de hasta un 15% en las regiones del centro del país y de menos del 5% en el

Golfo de México, especialmente entre enero y mayo. En 2020, las fluctuaciones proyectadas de precipitación serán entre -7 a +12% (diciembre a febrero) y -8 a +12% (junio-agosto). En particular, de 2060 a 2090 todos los modelos predicen una reducción en la precipitación de entre 10 y 28% (RIMISP 2009). Los componentes del ciclo hidrológico indican que en México casi el 75% de la precipitación evapotranspira y alrededor del 5% realimenta los acuíferos. Estos componentes sugieren que el aumento en la temperatura provocará que aumente la evapotranspiración y que la humedad en el suelo disminuya, lo que hará que las condiciones sean más secas. Evaluaciones realizadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) indican que México podría experimentar una disminución significativa en la escorrentía —es decir, disponibilidad de agua natural— del orden de 10 a 20% a nivel nacional y más del 40% en los humedales costeros del Golfo.

- c. ***El ciclo hidrológico será más intenso y aumentará el número de tormentas fuertes y la intensidad de los períodos de sequía.*** Varias proyecciones globales predicen que la temperatura de la superficie del océano podría aumentar entre 1 y 2° C, lo que incrementará la intensidad de los huracanes tropicales, especialmente en áreas que ya experimentan tales tormentas como las costas del mar Caribe, del Golfo de México y del Pacífico. Otras predicciones establecen que en estas tormentas la intensidad de los vientos aumentará un 6% y que la precipitación aumentará 16%.
- d. ***Los modelos climáticos proyectan un aumento en el nivel del mar de la costa del Pacífico entre 0.13 y 0.51 metros y de 0.13 a 0.56 metros para la costa atlántica hacia el año 2090,*** en comparación con los niveles de 1980-1999 (New et. al, sin fecha); sin embargo, otros modelos predicen un aumento de hasta unos dos metros (INE, sin fecha). Como resultado, las tierras costeras bajas, especialmente en la península de Yucatán, estarán más expuestas a la inundación permanente. El aumento del nivel del mar ya ha alcanzado tres mm/año en el Golfo de México; con aumentos más pequeños en la costa del Pacífico (Murray, sin fecha).

El gobierno de México ha estado adoptando un enfoque proactivo y a largo plazo para fortalecer la resiliencia del

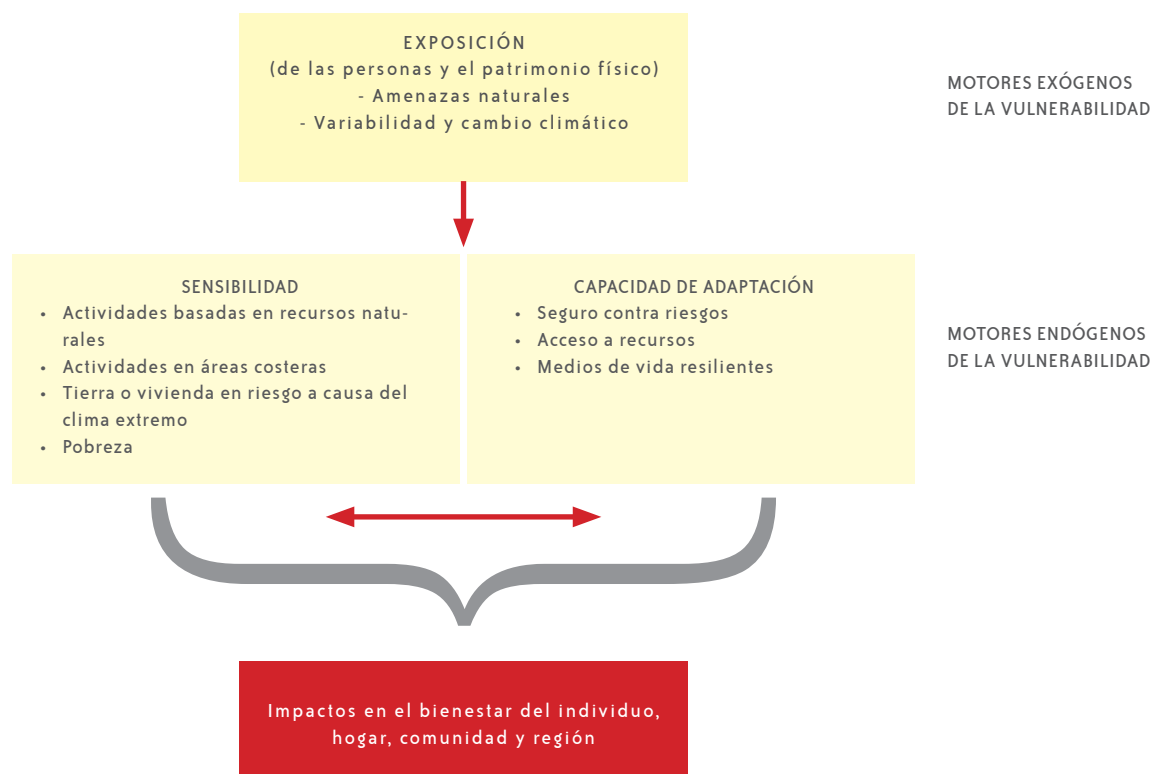
país a estos riesgos. La sustentabilidad ambiental fue uno de los cuatro pilares del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012. En este pilar, se fijaron cuatro estrategias claves (a) fortalecimiento de la capacidad nacional para adaptarse al cambio climático, (b) preparación de escenarios subnacionales de cambio climático para México, (c) evaluación de los impactos de vulnerabilidad y capacidad de adaptación al cambio climático en diferentes sectores y ecosistemas socioeconómicos, (d) difusión de información sobre los impactos y medidas para mejorar la adaptación al cambio climático. Basándose en el PND, la Estrategia Nacional de Cambio Climático de 2007 posicionó a la adaptación y mitigación como foco de la Política Nacional de Desarrollo de México, con nueve secretarías y dos programas sectoriales que incorporaron la adaptación al cambio climático en sus estrategias. Esta estrategia fue seguida por un programa detallado de acción en 2009: el PECC 2009-2012 (Programa Especial de Cambio Climático) que describía tres fases principales de acción: (1) entre 2008 y 2012, evaluar las vulnerabilidades y priorizar acciones basadas en el análisis económico, (2) entre 2013 y 2030, fortalecer capacidades estratégicas de adaptación, (3) entre 2030 y 2050, consolidar el trabajo general de mitigación y adaptación. Como se mencionó anteriormente, también se tomaron medidas en el 2012 para mejorar el marco de adaptación del PPD sobre Fortalecimiento de la Resiliencia Social al Cambio Climático en México financiado por el Banco Mundial, el cual incluyó acciones para fortalecer (i) la planificación de adaptación a largo plazo a nivel estatal, (ii) la reducción de riesgo de desastres y desarrollo territorial a nivel municipal en favor de los pobres, (iii) la mitigación y adaptación en el sector forestal a nivel comunitario en favor de los pobres.

1.2 Marco conceptual

El IPCC define la vulnerabilidad como la medida en que el cambio climático podría dañar o perjudicar los sistemas sociales o medioambientales. El daño o perjuicio va en función de la exposición del sistema al cambio climático, la capacidad del sistema para adaptarse a cambios en el clima y su sensibilidad al cambio climático. La exposición es el carácter, magnitud y tasa de variación de clima a la que está expuesto un sistema, mientras que la sensibilidad es la medida en que un sistema será impactado o responderá al cambio climático y es, básicamente, el elemento biofísico de vulnerabilidad que también puede verse afectado por factores socioeconómicos (por ejemplo, dependencia de recursos naturales). La capacidad de adaptación es el grado en que los ajustes en las prácticas, procesos o estructuras pueden moderar o compensar las posibilidades de perjudicar o aprovechar las oportunidades creadas por un determinado cambio climático (IPCC 2001). El presente estudio utiliza estas distinciones como un marco para analizar las diferencias sociales y espaciales en la vulnerabilidad al cambio climático en México.

Los conceptos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación son útiles para identificar las opciones de política para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia. Se puede reducir la vulnerabilidad de las personas disminuyendo la exposición y la sensibilidad de personas, bienes y medios de subsistencia a los riesgos climáticos y aumentando la capacidad de adaptación de los individuos, familias, comunidades y gobiernos. La Figura 1 proporciona un marco para comprender de qué forma la exposición, un factor exógeno de la vulnerabilidad, interactúa con factores endógenos: sensibilidad y capacidad de adaptación para contribuir a la vulnerabilidad y la resiliencia. El nivel de vulnerabilidad de una comunidad determina la gravedad de los impactos del cambio climático; por el contrario, una comunidad resiliente experimentará menos impactos.

Figura 1: Conductores de la vulnerabilidad del individuo, hogar y comunidad al cambio climático

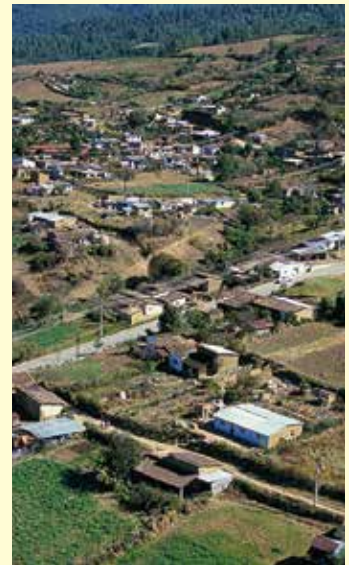


1.3 Datos y métodos

Se utilizaron diferentes fuentes de datos y técnicas analíticas para evaluar los impactos socioespaciales inmediatos del cambio climático en términos de vulnerabilidad a los riesgos, así como los impactos a más largo plazo en los hogares rurales y el bienestar humano. El análisis de vulnerabilidad y la elaboración de mapas de riesgo de desastres, utilizando datos sobre exposición histórica a riesgos, el valor económico de la vivienda de bajos ingresos y los bienes públicos en riesgo, y en las condiciones socioeconómicas, captura los efectos inmediatos y desiguales de los fenómenos meteorológicos extremos a nivel municipal. Para los impac-

tos a largo plazo, se construyó un índice compuesto de vulnerabilidad agrícola de los hogares rurales a nivel municipal y proyecciones de cambio climático para estimar los cambios en la vulnerabilidad a nivel municipal durante las próximas décadas. El índice incluye medidas de exposición (p. ej. área de superficie agrícola), sensibilidad (p. ej. porcentaje de hogares en pobreza alimentaria) y capacidad de adaptación (p. ej. porcentaje de agricultores que pertenecen a organizaciones). Finalmente, se utilizaron modelos econométricos para estimar la relación entre los aumentos previstos en la temperatura, la producción de maíz de secano e indicadores claves de bienestar humano como la desnutrición infantil.

2. Quiénes son los más vulnerables y dónde se ubican



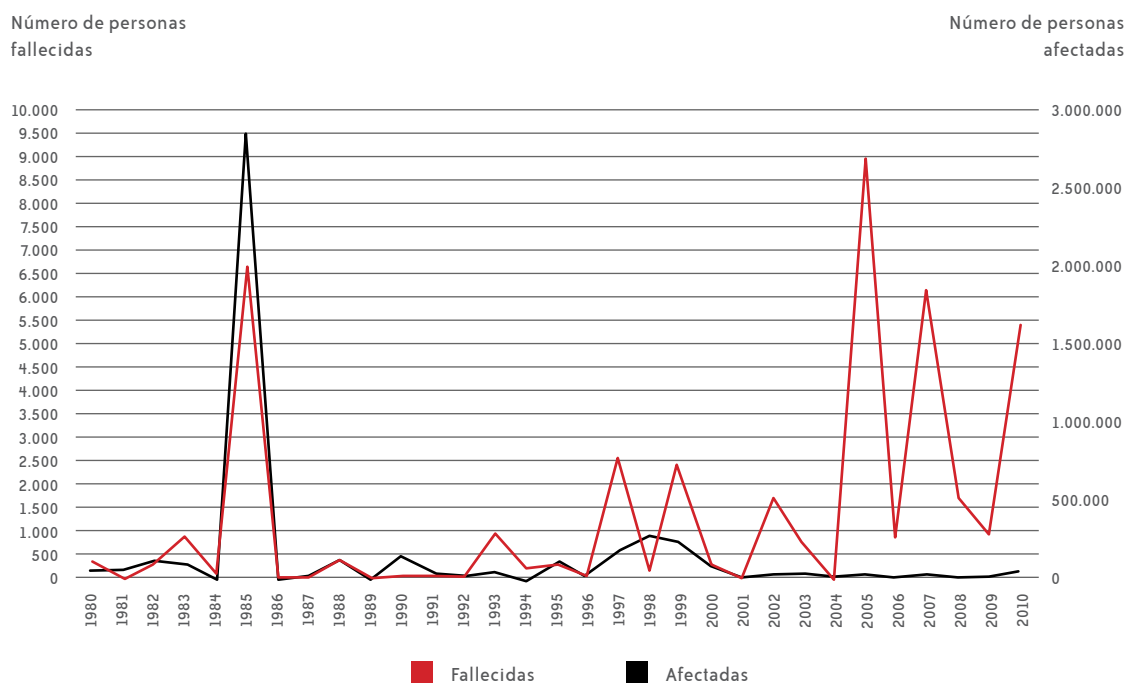
Este capítulo examina en detalle el impacto del cambio climático a nivel municipal provocado por los efectos a corto plazo de fenómenos meteorológicos extremos como inundaciones, huracanes y ciclones en infraestructuras críticas y en la vivienda de bajos ingresos, así como el impacto potencial de largo plazo de la creciente variabilidad climática en la vulnerabilidad de los hogares rurales.

2.1 Vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos peligrosos a corto plazo

Los huracanes de 2005 demostraron las diferentes capacidades de adaptación a los desastres naturales entre las

comunidades pobres y las más ricas en México. En 2005, el huracán Wilma golpeó las zonas turísticas más ricas de la península de Yucatán, donde más de 50% de los \$5 mil millones en pérdidas estaban asegurados (Carpenter 2006). Por el contrario, el huracán Stan golpeó los barrios marginados urbanos como Las Américas en Tapachula, así como comunidades indígenas pobres en Chiapas como Escuintal y Cahacoatan, donde menos del 10% de los \$3 mil millones en pérdidas estaban asegurados (Zapata-Martí 2006).

Figura 2: Menos personas mueren a causa de desastres naturales en México, pero hay más personas afectadas*



* Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED), Université Catholique de Louvain.

Las tendencias de desastre en México reflejan la tendencia mundial de aumento de las pérdidas económicas, menos vidas perdidas y más personas afectadas. En México, más de 22.000 personas murieron a causa de desastres naturales entre 1980 y 2010, aunque las muertes se redujeron

considerablemente durante la última década (Figura 2). Casi la mitad de esas muertes ocurrieron durante el terremoto de 1985 en la ciudad de México.¹ Según el Centro para la Inves-

1 La frecuencia de los terremotos no se puede atribuir al cambio climático.

tigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED),² desde 2001 cada año murieron menos de 100 personas en el país a causa de desastres naturales; sin embargo, más personas que nunca se vieron afectadas durante las últimas dos décadas. Entre 1999 y 2007, los municipios emitieron más de 6.500 declaraciones de desastre, 90% de las cuales fueron para desastres hidrometeorológicos (huracanes e inundaciones) de las cuales 50% se concentraron en los estados de Oaxaca, Veracruz y Puebla. Para este informe, se estimó que más de 28 millones de personas están expuestas a un riesgo elevado de experimentar tales desastres hidrometeorológicos, lo que representa casi dos veces el número de gente expuesta a terremotos.

Mientras que la cifra decreciente de muertes es alentadora, el incremento en el número de personas afectadas es motivo de preocupación, especialmente si esto incluye una gran cantidad de hogares pobres. Diversos estudios realizados en México han encontrado que existe una relación entre las amenazas y el consumo, ya que el gasto de los hogares tiende a disminuir después de los desastres naturales (García-Verdu 2002; Skoufias 2003; Skoufias y Vinha 2011)³ lo que implica que los hogares tienen dificultades para regular el consumo al enfrentarse a eventos climáticos extremos. Como resultado de esto, los hogares pobres suelen estar obligados a protegerse para contrarrestar los efectos de los desastres en el consumo. Por ejemplo, las personas guardan granos o ganado en las zonas rurales, o joyería y bienes duraderos en las zonas urbanas y también pueden obtener préstamos de amigos y vecinos después de un desastre natural.

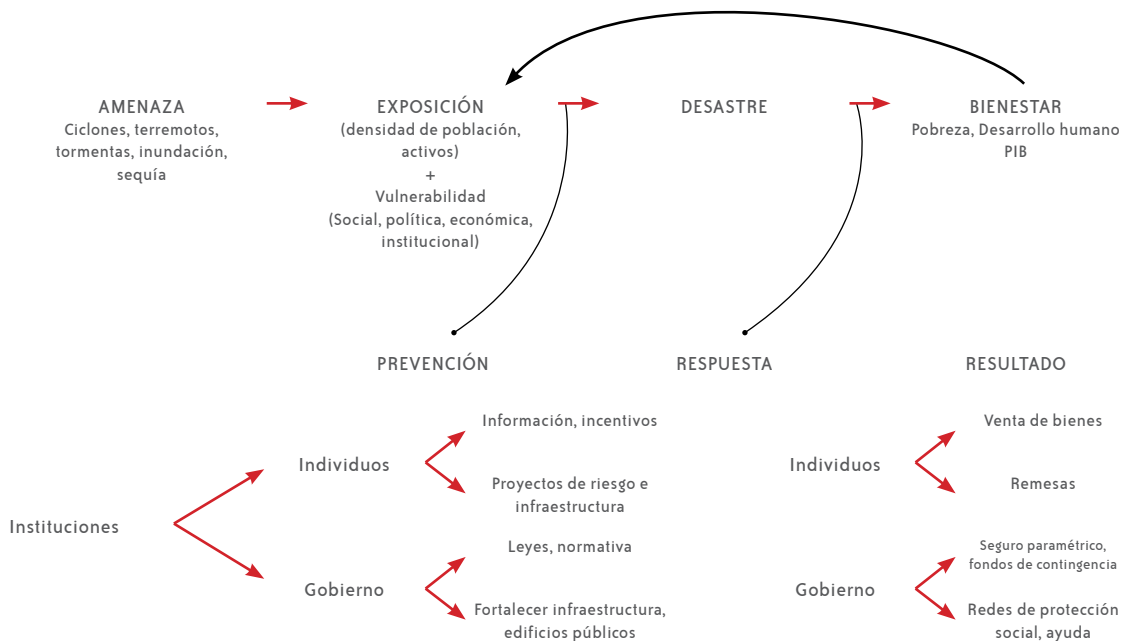
2 EM-DAT recoge datos desde 1988 (que se remontan a 1900) sobre muertes, accidentes y daños provocados por terremotos, huracanes, inundaciones y otros desastres en todo el mundo. Se utilizan varias fuentes, incluyendo las noticias y se incluyen en EM-DAT los desastres que provocaron la muerte a 10 personas o más, o afectaron (perjudicaron, dejaron sin hogar y en necesidad de asistencia inmediata) a por lo menos 100, o dio lugar a la declaración de un "estado de emergencia" o una solicitud de ayuda internacional.

3 La mayor parte de esta literatura deduce que los mecanismos de mitigación de riesgo existentes son imperfectos, ya que no permiten que los hogares disminuyan el consumo periódicamente, pero pocos estudios prueban estos mecanismos individual o directamente.

Un estudio de estrategias de adaptación que se llevó a cabo en 1998 y 2000 mostró que los hogares más ricos estaban mejor posicionados para vender bienes y obtener el apoyo de familiares, mientras que los hogares más pobres tuvieron que trabajar más horas, o pedir dinero prestado a tasas de interés altas (de la Fuente 2009). Dichas estrategias tienen pocas probabilidades de permitir una recuperación completa y rápida de los niveles normales de consumo y, en muchos casos, tienden a aumentar la pobreza. El número limitado de estrategias de adaptación disponibles para los hogares pobres también refleja en parte que más del 50% de los propietarios de viviendas urbanas pobres no poseen un título formal de propiedad, menos de un tercio tiene un empleo formal y solo alrededor del 20% se encuentran cubiertos por la seguridad social.

Evaluar los riesgos de desastre a nivel municipal implica un análisis espacial de las amenazas naturales y la manera en que afectan bienes clave privados (viviendas de bajos ingresos) y públicos (hospitales, escuelas, caminos y puentes). Las preguntas realizadas bajo este enfoque incluyen: ¿Qué municipios experimentan elevados niveles de riesgo de ciclones e inundaciones? ¿Cuáles son las características de dichos municipios? ¿Cuán preparados están para manejar estos choques? La metodología para este análisis se basa en el enfoque de gestión de riesgo de desastres, donde el riesgo se define como la proporción entre la probabilidad de pérdidas provocadas por eventos hidrometeorológicos en distintos tipos de activos y el valor físico (o de reposición) de dichos activos. Esta probabilidad es una función de una amenaza natural (inundaciones y ciclones en este caso); las viviendas y activos (infraestructura de salud y educación, carreteras y puentes) que están expuestos y su grado de vulnerabilidad a tales amenazas naturales; y las diversas estrategias de gestión de riesgo que los hogares, comunidades y gobiernos pongan en marcha para reducir la vulnerabilidad. Esto es también conocido como la cadena de riesgo-vulnerabilidad y puede construirse a partir de diferentes bases de datos existentes o construidos a nivel municipal (Figura 3).

Figura 3: Cadena de vulnerabilidad de riesgo de desastres



Referencia: Adaptado del Banco Mundial-Naciones Unidas (2010)

Este análisis se fortaleció mediante el examen de la relación entre la intensidad de la amenaza a infraestructura crítica y determinados indicadores socioeconómicos y ambientales. La infraestructura clave identificada incluye hospitales, escuelas, puentes y carreteras y viviendas privadas en situación de pobreza. Para estos bienes físicos, el riesgo de vulnerabilidad se define como una función de la intensidad de la amenaza, el daño potencial a las estructuras, junto con el costo de reparación de las mismas. Las viviendas de los pobres se consideran particularmente vulnerables a los desastres, porque están construidas con materiales de mala calidad, albañilería no reforzada y estructuras inadecuadas. Examinar la relación entre la amenaza a la infraestructura crítica y los indicadores sociales, ambientales e institucionales (pobreza, cobertura de programas de desastres, deforestación) es útil para identificar los factores que podrían agravar el problema, socavar la resiliencia y frenar una recuperación oportuna.

Trazar un mapa de riesgo de desastres en México resalta la manera en que las amenazas naturales afectan a la población pobre y a los municipios más pobres del país, en donde la infraestructura crítica se encuentra expuesta a desastres hidrometeorológicos, y la cobertura de programas y herra-

mientas locales de gestión de riesgo de desastres es limitada. Este ejercicio muestra una superposición significativa de la pobreza y el riesgo de desastres en tanto que 60% de los 441 municipios más marginados en México presentan un nivel elevado a los riesgos hidrometeorológicos como inundaciones y huracanes. Los hogares pobres ubicados en estos municipios suelen ocupar las zonas más expuestas, viviendas mal construidas y sufren afectaciones proporcionalmente mayores (que el resto de los hogares) en su patrimonio una vez que el desastre ocurre. Asimismo, un estudio anterior reveló que la pobreza aumentó entre 1.5% y 3.7% según la medida considerada, en los municipios afectados por un desastre natural entre 2000 y 2005 (Rodríguez-Oreggia et al. 2012).

El análisis realizado para este informe demuestra que los municipios con un alto riesgo de amenazas hídricas y que son propensos a sufrir pérdidas significativas en infraestructura pública y bienes privados, también se caracterizan por contar con altos niveles de pobreza y marginación. La tabla 1 muestra la relación de pobreza y marginación y un indicador compuesto del valor de los bienes públicos (escuelas, hospitales, carreteras federales y puentes) y viviendas de bajos ingresos amenazadas por riesgos hidrometeoro-

lógicos. Como era de esperar, esta tabla muestra una alta asociación a nivel municipal entre los niveles de riesgo hidrometeorológico para activos privados (viviendas de perso-

nas en pobreza) y públicos (escuelas, hospitales, carreteras federales y puentes) y distintos indicadores de bienestar (tales como la pobreza de ingresos y el desarrollo humano).

Tabla 1: Relación entre el riesgo hidrometeorológico para los bienes públicos/privados y los indicadores municipales de privación

Indicadores de riesgo	Indicadores de privación			
	Desarrollo Humano	Pobreza alimentaria	Pobreza de capacidades	Pobreza patrimonial
Nivel de riesgo de las viviendas de bajos ingresos	- 0.386	0.414	0.412	0.405
Nivel de riesgo de la infraestructura pública	- 0.158	0.195	0.201	0.213
Riesgo total de los bienes públicos y privados	- 0.280	0.321	0.324	0.331

Mapa 1: Distribución espacial de riesgos hidrometeorológicos para bienes públicos y privados



Los municipios pobres, con menor capacidad de adaptación, son propensos a sufrir mayores pérdidas de infraestructura después de que ocurre un desastre hidrometeorológico.

La Tabla 2 analiza este problema con más detalle mostrando municipios con riesgo alto o bajo para bienes públicos/privados de acuerdo a distintos indicadores socioeconómicos, ambientales e institucionales. En términos socioeconómicos, los municipios con mayores niveles de riesgo son pobres y rurales en su mayoría, con poblaciones indígenas numerosas, y acceso limitado a servicios de salud. Por otra parte, los municipios con niveles de riesgo elevado tienen un

gran número de viviendas con piso de tierra, mayores niveles de hacinamiento y más hogares encabezados por mujeres.

Al observar los mecanismos institucionales de gestión de riesgos, hay una clara necesidad de ampliar la cobertura de los programas y herramientas para gestionar los riesgos de desastres. Por ejemplo, solo 21% de municipios con altos niveles de riesgo hidrometeorológico tenían un plan de respuesta ante desastres, 61% tenían un programa de defensa civil para gestionar ese riesgo, y tan solo un poco más de la mitad señaló contar con mapas de riesgo. Hay indicios, sin embargo, de que los recursos de algunos de los programas

federales diseñados para responder a los desastres naturales se canalizan más hacia los municipios con un alto riesgo de desastre que hacia aquellos con riesgo bajo. Finalmente, las brechas entre municipios con niveles de riesgo bajos y altos son prácticamente inexistentes con respecto a los problemas ambientales que pueden exacerbar los efectos de los desastres naturales. Tal es el caso de problemas como la tala ilegal, incendios forestales y la expansión urbana. Sin embar-

go, estos son problemas ambientales reportados por el municipio y, como tal, se encuentran sujetos a la capacidad de vigilancia e interpretación de los funcionarios municipales. Un indicador más objetivo es el análisis del INECC de riesgo de deforestación, que identifica que 7 de cada 10 municipios con niveles altos de riesgo muestran un alto riesgo de deforestación. Esta proporción se reduce a menos del 50% de los municipios que presentan un riesgo bajo.

Tabla 2: Características sociales, institucionales y ambientales de los municipios según su nivel de riesgo hidrometeorológicos en bienes públicos y privados

Indicadores	Riesgo de desastres hidrometeorológicos		
	UNIDAD	Elevado	Bajo
Características sociales			
Promedio total de la población	#	31.800	41.351
Población indígena	%	41.6	9.1
Hogares encabezados por mujeres	%	21	21.5
Personas que carecen de derecho a la salud	%	71.3	63.6
Viviendas con piso de tierra	%	35	14.6
Viviendas con algún grado de hacinamiento	%	55.8	44.7
Población rural	%	69.1	56.6
Hogares en pobreza alimentaria ⁴	%	40.6	25.2
Hogares en pobreza de capacidades	%	49.2	33
Hogares en pobreza patrimonial	%	70	55.5
Características institucionales de los municipios			
Zonificación y reglamentación vigente del uso del suelo	%	80.5	73
Programas vigentes de respuesta ante desastres	%	21.2	16.4
Un programa de protección civil en vigencia	%	61	64.1
Existencia de mapas de riesgos en vigencia	%	51.4	55.2
Apoyos PET entre 2002 y 2009	\$	800.409	131.090
Apoyos directos del PACC (2002-2009)	\$	1.321.465	1.443.161
Apoyos totales de PET y PACC	\$	1.547.339	566.999
Problemas ambientales del municipio			
El municipio reporta la tala ilegal como un grave problema ambiental	%	21.7	22.3
El municipio reporta los Incendios forestales como un gran problema ambiental	%	24.9	25.6
El municipio reporta la expansión urbana como un importante problema ambiental	%	3.5	5.2
Alto riesgo de deforestación en el municipio	%	74.5	45.9

⁴ Hasta el 2010, el gobierno de México clasificaba la pobreza de ingresos como pobreza alimentaria, pobreza de capacidades y pobreza de patrimonio (CONEVAL 2008). Un hogar sufre de pobreza alimentaria si su ingreso está por debajo del ingreso mínimo necesario para pagar una canasta mínima de alimentos; pobreza de capacidades si sus miembros no pueden cubrir gastos de salud y educación; y pobreza de patrimonio si no pueden cubrir gastos de alimentación, salud, educación, vestido, casa, y transporte público. En 2010 el CONEVAL publicó la actual metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México.

2.2 Vulnerabilidad al cambio climático a largo plazo de los hogares rurales

Esta sección analiza la vulnerabilidad al cambio climático de los hogares rurales a nivel municipal y la manera en que cambiará durante las próximas décadas. Existe evidencia de que el cambio climático está afectando los medios de subsistencia de los pobres rurales en México a través de las sequías, la desertificación, los huracanes y las inundaciones. En 2005, 38.7% de la población rural muy pobre participaba en actividades agrícolas como agricultores independientes o asalariados. Los agricultores pobres de tierras áridas en los estados norteños de Sinaloa, Sonora y Chihuahua han estado particularmente en riesgo, ya que enfrentan una decreciente productividad causada por una situación empeorada de escasez de agua y degradación del suelo. Muchas de estas regiones áridas ya están en riesgo de desertificación. En la actualidad existe un alto grado de desertificación en México con 36% de fuentes superficiales de irrigación contaminadas o afectadas [CONAGUA 2007], incluyendo 54% de las áreas de cultivo de secano y 90% del área de pastizales de ganado. Existe la probabilidad de que la variabilidad climática acelere la salinización y desertificación de las tierras agrícolas, lo que agravará los efectos de las precipitaciones reducidas.

La sequía preocupa de forma especial, ya que la producción agrícola se verá duramente afectada en las regiones más secas de México, donde también habitan agricultores pobres. México tiene una amplia y variada experiencia en sequía, según se describe tanto en crónicas históricas tempranas, como en datos climáticos contemporáneos y declaraciones de desastre [Liverman 1990]. Más del 85% de la superficie del país es árida o semiárida, y la precipitación interanual varía ampliamente. Los factores biofísicos son las principales razones de vulnerabilidad en las regiones norte y centro-norte, donde la lluvia es más variable, y en las tierras altas, donde el tiempo de lluvia es fundamental. En estas regiones, es probable que la vulnerabilidad aumente como consecuencia de la deforestación y el sobrepastoreo, así como de los cambios climáticos proyectados. Las razones sociales de vulnerabilidad varían mucho entre regiones y grupos de población. Más de la mitad de la tierra cultivada de México es operada en ejidos, una forma de tenencia

cooperativa de la tierra, y las pérdidas de sequía suelen ser considerablemente más altas en los ejidos que en fincas privadas. Después de la revolución mexicana, los ejidos recibieron mayormente la tierra menos productiva y más seca. Muchas regiones ejidales no cuentan con suficiente tierra de regadío y tienen dificultades para obtener crédito. Dos cambios de política disminuyeron el suministro de agua para los agricultores comunales pequeños y tradicionales: la reforma de 1992 de una ley de agua condujo a que aumentaran los precios del agua [Wilder y Lankao 2006], y el TLCAN alentó a los agricultores orientados a la exportación a cambiar a cultivos más sedientos [Liverman 2000].

Los campesinos pobres experimentarán graves impactos, no solo en las zonas áridas del norte, sino también en el sur del país. Por ejemplo, Chiapas es uno de los principales productores de café de México, con una producción anual promedio que supera los 115 millones de kg. Un millón de puestos de trabajo dependen de la producción de café en Chiapas, y la mayoría de los productores son pequeños agricultores indígenas, con menos de cinco hectáreas de cultivo. Sin embargo, un estudio reciente muestra que las condiciones climáticas específicas de las que depende la producción de café no pueden persistir debido a la creciente variabilidad en los patrones de precipitación [Schroth et al. 2009]. También, los pueblos indígenas están entre los más afectados por el cambio climático y la variabilidad debido a su fuerte dependencia en ambientes naturales para su subsistencia, particularmente los bosques y la producción agrícola extensiva.

También existe evidencia de que los fenómenos meteorológicos extremos causan daños significativos a la producción agrícola en México. En 1997, el huracán Paulina golpeó Oaxaca y Chiapas, dos de los estados más pobres del país. Si bien todos los sectores económicos sufrieron, 88% de las pérdidas totales se acumularon en la producción agrícola y ganadera. El siguiente año lluvias intensas y deslizamientos de tierra causaron pérdidas aún más dramáticas en ambos estados. En 1999, grandes lluvias perjudicaron la agricultura en el sur de México, lo que afectó gravemente a las comunidades pobres en los estados de Puebla, Veracruz y Tabasco [Alfaro et al. 2008; AdapCC⁵.] Tradicionalmente, estas comunidades han basado sus medios de subsistencia en la agri-

5 Ver: www.adapcc.org

cultura, por lo que el impacto fue devastador con 66% de las pérdidas totales acumuladas en infraestructura rural y cultivos de pequeños productores, equivalentes a 1,767 millones de pesos (Bitrán, 2002). Finalmente, la temporada de huracanes de 2005 superó los registros históricos de pérdidas económicas en el sector agrícola. En el sureste del país, los huracanes Stan y Wilma destruyeron pequeñas y grandes plantaciones, cultivos y ganado, con pérdidas superiores a USD \$ 4 mil millones.

Mientras que la investigación existente señala los graves impactos en el sector rural durante los últimos años, también es importante examinar el potencial aumento de la vulnerabilidad rural durante las próximas décadas. El objetivo de esta sección es entender mejor cómo y por qué la vulnerabilidad del sector agrícola al cambio climático y la variabilidad climática varían según el municipio en México, y de qué manera cambiará la vulnerabilidad durante las próximas décadas a nivel municipal. Estudios previos han calculado los índices de vulnerabilidad a nivel nacional (en Europa, Banco Mundial, 2009); y a nivel subnacional (distritos en la India, O'Brien et al. 2004; regional en Brasil, Fuentes, 2009), pero nunca en todo el país a nivel de desagregación municipal. Aplicaciones recientes de los índices de vulnerabilidad al cambio climático ya existen o están en proceso de construcción para varios países de Europa Oriental y Asia Central (EAC) (Fay y Patel, 2008; Heltberg y Bonch-Osmolovskiy, 2010). Los índices anteriores combinan indicadores que reflejan la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación de cada país al cambio climático. Los Índices de Vulnerabilidad al Cambio Climático (CCVI) construidos para países EAC evalúan la vulnerabilidad al cambio climático a nivel provincial o regional, pero debido a la falta de datos no pueden construirse índices a nivel municipal.

México representa un buen caso para construir un CCVI dada su alta exposición a las amenazas relacionados con el clima, y, a diferencia de la mayoría de países de Europa

del Este y Asia Central, por la recopilación regular y consistente de datos confiables sobre el clima e indicadores socioeconómicos desglosados a nivel municipal y estatal.

Por lo tanto, este análisis representa una oportunidad única para construir un índice de vulnerabilidad del sector agrícola al cambio climático a nivel municipal de desagregación lo que permite identificar grupos de municipios vulnerables, así como municipios que son particularmente vulnerables en estados que podrían considerarse resilientes. Un cuadro de la vulnerabilidad desglosado geográficamente puede respaldar la elaboración de estrategias subnacionales de adaptación, junto con la asignación de apoyo financiero y técnico a los municipios.

El aumento de precios de alimentos relacionados con la sequía en los últimos año y las hambrunas localizadas en el norte de México en 2012, han corroborado la importancia de comprender la precariedad de los medios de subsistencia rurales en el futuro. Para capturar la vulnerabilidad de los medios de subsistencia rurales al cambio climático, se compilaron datos de una variedad de fuentes, y se seleccionó un conjunto de indicadores para la vulnerabilidad de los medios de subsistencia rurales en consulta con el gobierno. El estudio utiliza datos geofísicos sobre el clima en la línea base (2005)⁶ y sus proyecciones debido al cambio climático (2045), con nueve modelos climáticos. También emplea encuestas y censos de municipios y productores rurales (ver el documento de apoyo sobre vulnerabilidad municipal en el sector agrícola). Se eligió un conjunto de indicadores considerados importantes para evaluar la vulnerabilidad agrícola en consulta directa con la Secretaría de Agricultura (SAGARPA) de México. Estos indicadores se calcularon en un índice compuesto de vulnerabilidad al cambio climático mediante un análisis de componentes principales (ver anexo B).

6 Los datos climáticos y de temperatura incluidos en el análisis cubren el período de 1960 a 2005.

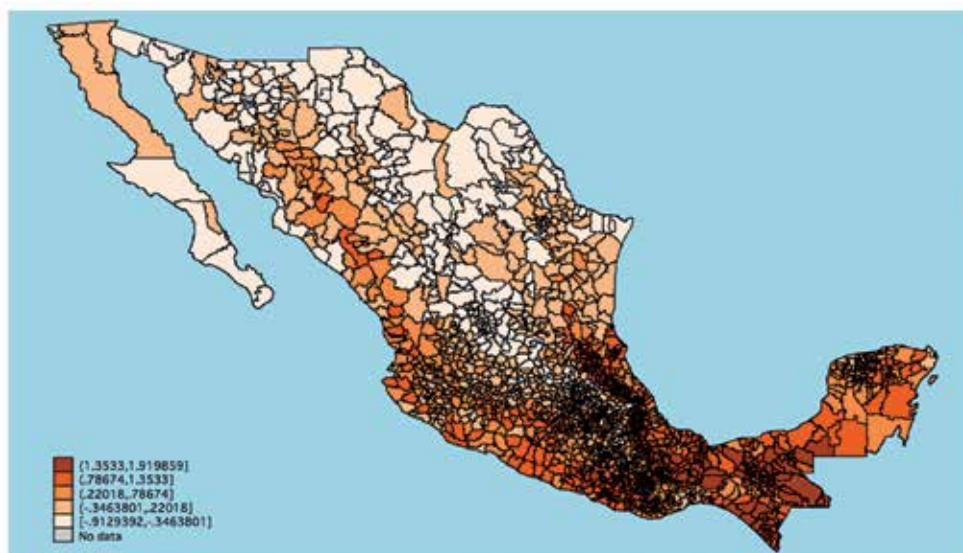
Tabla 3: Indicadores seleccionados para construir un índice de vulnerabilidad rural a nivel municipal

Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación
Área agrícola total	Pobreza alimentaria (% de hogares cuyo ingreso es menor a la cantidad necesaria para comprar productos básicos)	Porcentaje de agricultores que pertenecen a organizaciones
Temperatura promedio (pasada 1960-2005; y proyectada 2005-2045)	Porcentaje de producción en áreas de riego	Porcentaje de agricultores que reciben remesas
Precipitación promedio (pasada 1960-2005; y proyectada 2005-2045)	Porcentaje de la población en actividades agrícolas	Distancia en km desde el centro del municipio hasta la carretera
Indicadores de variabilidad de la temperatura pasada y futura		Asistencia federal ante desastres per cápita
Indicadores de la variabilidad de la precipitación pasada y futura		

Este análisis muestra que la vulnerabilidad aumentará en los municipios de las regiones costeras del sur y centro-norte caracterizadas por tener alta exposición y bajos indicadores socioeconómicos, pero disminuirá en los municipios más resilientes de los estados del Pacífico Norte. Sin embargo, este hallazgo esconde un cuadro más com-

plejo donde hay diferencias en la disminución/aumento de vulnerabilidad entre municipios dependiendo del estado. Del mismo modo, existen diferentes factores que sustentan la vulnerabilidad relativa y la resiliencia, con indicadores de capacidad de adaptación, en términos de indicadores socioeconómicos, que parecen desempeñar un papel importante.

Mapa 2: CCVI por municipio (2005)



- Muy Alta Vulnerabilidad
- Moderada Vulnerabilidad
- Muy Baja Vulnerabilidad
- Alta Vulnerabilidad
- Baja Vulnerabilidad
- Sin Dato

En 2005, los municipios más vulnerables se localizaron a lo largo de las costas y en los estados del sur, mientras que las zonas norte y centro del país fueron comparativamente menos susceptibles al cambio climático, aunque con algunos focos de alta vulnerabilidad caracterizados por sequías recurrentes. Municipios en los estados del sur de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, que muestran altos niveles de vulnerabilidad, se caracterizan por estar conformados de poblaciones indígenas empobrecidas con acceso limitado a los recursos necesarios para una adaptación exitosa. Por el contrario, las zonas turísticas en la península de Yucatán tienen una gran capacidad para adaptarse al cambio climático. Esto se debe probablemente a la importancia de la industria

del turismo y una larga historia de adaptación a huracanes y otros desastres.

El norte de México muestra mayor resiliencia que otras partes, debido a sus mejores indicadores socioeconómicos y mayor acceso a remesas, que contribuyen a la capacidad de adaptación. Pero también hay focos de alta vulnerabilidad en los estados del norte. Estados como Chihuahua tienen focos de alta vulnerabilidad debido a sequías prolongadas que son cada vez más frecuentes entre los territorios tarahumara más pobres. Las sequías recientes afectaron principalmente el norte y centro del país —los estados de Durango, Chihuahua, Coahuila, San Luis Potosí y Zacatecas— donde la economía se basa considerablemente en la actividad agrícola.⁷

Mapa 3: CCVI por municipio (predicción para 2045)



Una comparación entre la línea base de 2005 (mapa 2) y la proyección de 2045 (mapa 3), muestran que las zonas costeras alojan algunos de los municipios más vulnerables al cambio climático en México. Se encontró una vulnerabilidad alta y persistente en el Pacífico Sur y en la península de Yucatán, mientras que el aumento de las temperaturas aumentará la vulnerabilidad en los municipios en el norte y centro del país. Algunos estados caracterizados por altos niveles de vulnerabilidad están expuestos a mayores extremos

climáticos, que aumentan la incertidumbre para los períodos de cosecha y para el rendimiento agrícola y producción. Otras características están relacionadas a la capacidad de adaptación e incluyen condiciones socioeconómicas adversas.

⁷ El gobierno federal a través de la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) también está tomando medidas para proporcionar alivio a los mexicanos que sufren la sequía. Desde enero de 2012, la CONAGUA informó que gastó cerca de 60 millones de pesos (5.4 millones de USD) para apoyar a los hombres y mujeres tarahumaras.

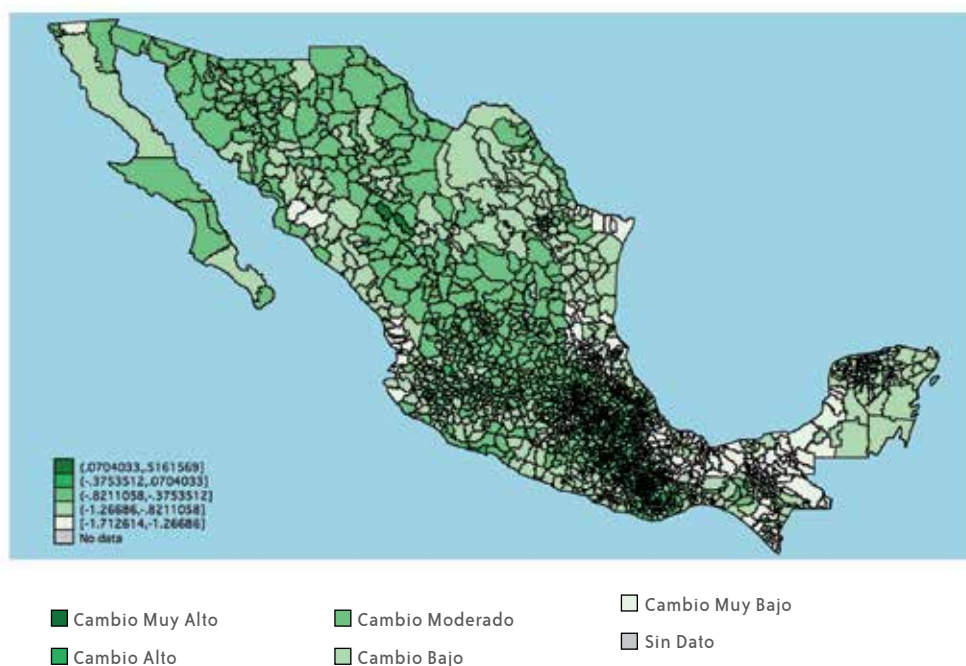
Tabla 4: Mayores aumentos y disminuciones de vulnerabilidad, por estado (2005-2045)

Estado	Cambio en el índice	LB	Predicción	Vulnerabilidad en la línea base	Vulnerabilidad en predicción
Zacatecas	0.3749	-0.3273	0.0476	Muy baja	Baja
Yucatán	0.2667	0.5469	0.8136	Moderada	Alta
Guanajuato	0.1897	-0.2409	-0.0513	Muy baja	Baja
Chiapas	0.1725	1.3906	1.5631	Muy alta	Muy alta
Chihuahua	0.1544	0.1014	0.2558	Baja	Moderada

Como se observa en la Tabla 4 y el Mapa 4, las regiones noroeste y centro probablemente experimentarán los mayores cambios de vulnerabilidad entre 2005 y 2045. Los mayores aumentos en la vulnerabilidad serán experimentados por estados centrales como Zacatecas y Guanajuato, pero implicará pasar de una situación de vulnerabilidad muy baja a vulnerabilidad baja. Mientras que estos cambios serán importantes, otros aumentos más serios tendrán lugar en los estados de Yucatán (de moderada a alta) y Chiapas (aumento de severidad), así como el estado norteño de Chihuahua (de baja a moderada). Por lo tanto, hay tres grupos principales de nivel estatal de aumento de vulnerabilidad:

los estados más al sur, la franja central y luego Chihuahua en el norte. La tendencia de la creciente vulnerabilidad observada en México Central (Bajío) han sido señalados en estudios previos de medio ambiente y cambio climático [Martínez, 2010; IMTA, 2009; Martínez y Fernández, 2004; Martínez-Austria, 2007]. De acuerdo con dichos estudios, las estimaciones para el periodo 2030 y 2050 para el noroeste y centro del país (Bajío) predicen una reducción del 10% en la disponibilidad de agua para la agricultura, lo que afecta de manera especial a estados como Sonora, Guanajuato, San Luis, los cuales tendrán una escasez de agua crítica en los escenarios previstos (Martínez, 2010).

Mapa 4: Cambios en el índice de vulnerabilidad 2005-2045



Martínez-Austria (2007) indican que los riesgos de vulnerabilidad de sequía serán una preocupación para las políticas nacionales y regionales en el noroeste del país debido a los cambios previstos para 2040 de entre 3 y 4 grados (°C). Este fenómeno agravará la escasez de agua existente relacionada con subsidios de electricidad para bombear agua subterránea, lo que contribuye al agotamiento grave de muchos acuíferos. Los cambios previstos en la vulnerabilidad territorial asociados con sequías en las regiones del Bajío y noroeste también se confirman en un estudio reciente realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2009). Dicho estudio revisa las predicciones del clima para 2025 que indican que los riesgos de la disponibilidad de agua asociados con el cambio climático estarían predominantemente presentes en las regiones norte y centro de México, donde la superficie irrigada acelerará la escasez de agua con el paso de los años.

Los estados que experimentaron los mayores descensos en vulnerabilidad entre los períodos de línea base y predicción son Tabasco, Sonora, Campeche, Sinaloa y Nayarit. Tabasco y Campeche se encuentran en zonas de alta vulnerabilidad propensas a inundaciones y huracanes que afectan a todo tipo de agricultores. Sin embargo, estos dos estados han reportado pérdidas agrícolas relativamente más bajas en presencia de recientes climáticos extremos, debido a su participación en el seguro agrícola catastrófico (CEPAL, 2008). Por otro lado, Sonora, Sinaloa y Nayarit son estados norteños del Pacífico con fuertes indicadores socio-económicos y agrícolas. Estos estados también diversifican sus cultivos substancialmente y mantienen una alta cobertura de irrigación en el sector agrícola.

Tabla 5: Mayores disminuciones de la vulnerabilidad por estado (2005-2045)

Estado	Cambio en el índice	LB	Predicción	Vulnerabilidad en la línea base	Vulnerabilidad en predicción
Tabasco	-0.4630	1.1752	0.7122	Muy alta	Alta
Sonora	-0.4075	-0.0196	-0.4272	Baja	Muy baja
Campeche	-0.4038	0.7842	0.3804	Alta	Moderada
Sinaloa	-0.3407	-0.0064	-0.3471	Baja	Muy baja
Nayarit	-0.3246	0.6354	0.3108	Alta	Moderada

También es importante tener en cuenta que hay municipios, que se posicionan en lo más alto en términos de aumento o disminución de vulnerabilidad, que no pertenecen a los estados presentados en las tablas 4 y 5. Por ejemplo, Oaxaca tiene 124 municipios con un incremento superior a 0.25 en el índice entre los puntos de línea base y de predicción (estos aumentos son más altos que el aumento promedio de 0.069 en el índice), pero el resto de los 570 municipios de Oaxaca tienen aumentos relativamente más bajos que el promedio. Por el contrario, San Luis Potosí, que no está incluido en la tabla 5 tiene una docena de municipios con muy altas disminuciones en su índice.

Para entender algunos de los otros factores que impulsan la vulnerabilidad, es útil explorar la relación entre la vulnerabilidad a nivel municipal e indicadores complementarios

del clima, condiciones sociales y agrícolas no cubiertos por el índice. Estas relaciones se reflejan en la tabla 6 (condiciones climáticas/sociales) y 7 (condiciones agrícolas). Las categorías de riesgo del índice se dividen en 5 cohortes de vulnerabilidad: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta. Con municipios organizados por categorías de vulnerabilidades en la línea de base, es posible construir perfiles de las principales variables socio-demográficas y relacionadas con la agricultura. Tales perfiles proporcionan información adicional acerca de los patrones de riesgo en el advenimiento del cambio climático.

La Tabla 6 muestra que el mayor riesgo de vulnerabilidad se asocia a condiciones socioeconómicas menos favorables. Los municipios ubicados en la categoría del “vulnerabilidad baja” muestran proporciones promedio sustan-

cialmente menores de a) poblaciones indígenas, b) hogares con ancianos y c) hogares con piso de tierra; en comparación con municipios ubicados dentro de las categorías de “vulnerabilidad alta”.

Tabla 6: Valores promedio de indicadores sociales para los distintos niveles de vulnerabilidad municipal

Categoría de vulnerabilidad	Vulnerabilidad al CC		Indicadores sociales		
	CCVI 2005	Predicción 2045 CCVI	Porcentaje indígena	Porcentaje hogares: Pisos de tierra	Porcentaje ancianos (Pob +65)
Muy baja	-0.315	-0.282	4.103	0.879	7.378
Baja	0.108	0.171	11.299	2.841	9.399
Moderada	0.420	0.492	25.169	8.603	8.801
Alta	0.745	0.887	35.049	14.384	7.706
Muy alta	0.788	1.521	40.396	20.449	6.690

La Tabla 7 presenta la distribución del riesgo de la vulnerabilidad por tipo de productor agropecuario, y demuestra que los municipios que albergan grandes productores mayoritariamente son resilientes al riesgo de vulnerabilidad. Por otro lado, los que se caracterizan por pequeños productores y la agricultura de subsistencia muestran mayor riesgo de vulnerabilidad y un mayor crecimiento de la vulnerabilidad

para el período 2005-2045. Aunque estos tipos de productores son relativamente pequeños en tamaño tienden a tener menores tasas de participación en los programas de subsidios agrícolas. Por otro lado, los municipios conformados por pequeños productores con requerimientos de capital altos o bajos, tienen más probabilidad de ser altamente vulnerables.

Tabla 7: Relación entre la escala/intensidad de la unidad de producción pequeña y la categoría de vulnerabilidad municipal

Categoría de vulnerabilidad	Gran escala, con baja inversión de capital		Transicional extensiva		Subsistencia De alto capital		Subsistencia De bajo capital		Otras (unidades de producción pequeñas)	
	Base	Pred	Base	Pred	Base	Pred	Base	Pred	Base	Pred
Muy alta	0.39	4.77	14.15	17.85	38.15	45.97	33.4	41.54	5.23	5.11
Alta	2.22	1.85	17.08	24.44	36.89	39.51	31.78	35.19	4.00	5.97
Moderada	2.09	4.11	30.07	32.24	27.44	27.52	31.63	26.69	6.51	7.80
Baja	5.06	5.13	32.7	39.63	20.94	23.63	16.43	23.63	12.03	13.96
Muy baja	10.2	13.7	41.91	40.53	12.86	8.23	11.09	6.17	13.08	7.20

En cuanto al ingreso agrícola, la tabla 8 indica que el porcentaje de trabajadores agrícolas que tienen ahorros líquidos se reduce considerablemente en los municipios de alta vulnerabilidad, sólo el 1.8%, en comparación con los municipios menos vulnerables – más del 12%. Además, el número de trabajadores agrícolas con deudas pendientes aumenta conforme incrementa el riesgo de vulnerabilidad. La ayuda promedio de los programas agrícolas destinados a los agricultores no varía sustancialmente, sino que los

municipios con menores perfiles de vulnerabilidad tienden a recibir a transferencias marginalmente superiores de estos programas. Los perfiles de estas variables indican cómo los agricultores utilizan instrumentos financieros y otros medios disponibles para hacer frente a la vulnerabilidad, lo cual adelanta información útil para mejorar la focalización y redistribuir las opciones de los programas actuales de apoyo y productos financieros.

Tabla 8: Relación entre el acceso al capital financiero y categoría de vulnerabilidad municipal

Categoría de vulnerabilidad	% de agricultores con ahorros	% de agricultores con acceso al crédito	Promedio de apoyo del gob. per cápita 2009	% de agricultores que reciben remesas
Muy baja	12.37	30.41	454.43	3.89
Baja	8.40	31.54	440.53	3.43
Moderada	6.20	37.45	377.80	3.85
Alta	2.72	41.86	341.82	3.03
Muy alta	1.81	45.75	340.55	1.80

En general, los municipios que carecen de acceso a programas de apoyo o ahorro (para las poblaciones de pequeños agricultores), son más vulnerables. Esto es especialmente el caso con las remesas, donde los municipios con un mayor número de agricultores que reciben remesas tienden a tener niveles más bajos de vulnerabilidad, tanto en los puntos de línea de base (2005) como en los de predicción (2045). El acceso a diferentes formas de capital “asegura” a las familias contra varias formas de incertidumbre. Los patrones de migración complejos que se presentan en municipios a lo largo de México suelen asegurar a las familias a través de las remesas; con frecuencia esto es el resultado de movimientos inducidos por estrés (conflicto) o de la escasez de recursos (cambio climático) (Schreider y Knerr, 2000; Fiki y Lee, 2004). Con el advenimiento de la variabilidad climática y la incertidumbre, muchos pequeños productores enfrentarán el riesgo de verse obligados a abandonar la agricultura debido a las pérdidas financieras y a la carga de la deuda.

2.3 Conclusiones

El análisis anterior sugiere que los efectos inmediatos de los desastres naturales y la vulnerabilidad de más largo plazo en el sector agrícola asociados con el cambio climático en México variarán dependiendo de factores geográficos y socioeconómicos. Los municipios pobres, rurales, indígenas, caracterizados por viviendas de baja calidad son más propensos a tener un gran capital de bienes públicos y privados críticos en riesgo ante amenazas hidrometeorológicas. En el futuro, municipios rurales que tengan desventajas similares y que se caractericen por tener población indígena, pobreza y agricultura de subsistencia enfrentarán una creciente vulnerabilidad del sector agrícola. Pueden encontrarse grupos de estos municipios vulnerables en el extremo sur y al norte de México, así como en el Bajío central. Sin embargo, también hay manchas municipales de vulnerabilidad dentro de estados resilientes, así como municipios resilientes dentro de estados vulnerables.

3. De qué forma se verá
afectado el bienestar humano
por el cambio climático



Este capítulo documenta los efectos del cambio climático y la variabilidad de tres aspectos fundamentales del bienestar humano (1) nutrición, (2) niveles de pobreza de ingresos y (3) salud y educación como indicadores de desarrollo humano.

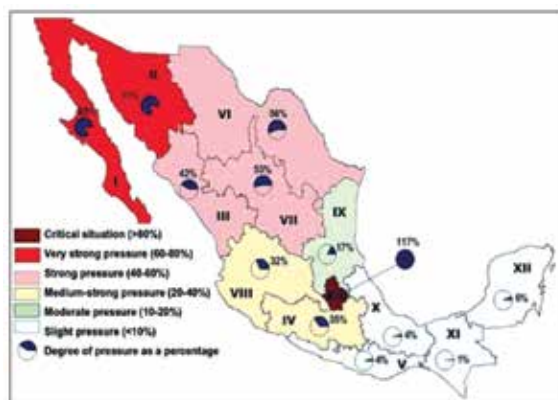
3.1 El cambio climático y desnutrición rural

Esta sección explora más detalladamente el impacto potencial del cambio climático sobre la productividad agrícola y a su vez, en desnutrición infantil. Algunos hogares agrícolas se benefician de precios más altos de alimentos como productores, pero muchos otros que viven cerca a la subsistencia generalmente están lastimados por los impactos adversos de la productividad como consumidores. Muchos agricultores de subsistencia son apenas capaces de hacer frente en escenarios de clima normal, por lo que cuando eventos extremos traen escasez de alimentos, hay serios riesgos de hambre y desnutrición. Confiar en el mercado para entregar alimentos a zonas de alta demanda puede ayudar si hay suficiente suministro de alimentos en el país, pero México ya importa maíz para autoconsumo, y el transporte de

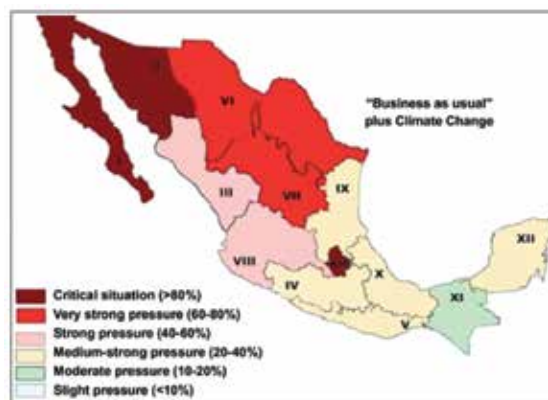
alimentos en áreas remotas puede aumentar los costos de transacción.

Las sequías y la escasez de agua reducen la producción de alimentos. Al menos 33 millones de personas, o aproximadamente el 32% de la población total de México, se enfrentan actualmente con una significativa escasez de agua (presiones que oscilan entre 40 a más del 80%). Sin embargo, con base en cálculos crudos, pero conservadores que se basan en ‘lo común’ mas el escenario de cambio climático, este número es probable que aumente al menos 52 millones, o aproximadamente el 50% de la población total. Es importante destacar que estas cifras son sólo estimaciones aproximadas, ya que nuestros cálculos no toman en cuenta cualquier crecimiento futuro de la población. También significa que en 2030 la región hidrológico-administrativa XI, que contiene los estados federales de Chiapas y Tabasco, sería la única área en México sin estrés de agua. Los dos mapas siguientes ilustran cómo la situación de escasez de agua actual en México se agravará en el futuro de manera significativa, especialmente cuando se consideran no sólo proyecciones socio-económicas, sino también escenarios climáticos.

Mapa 5: Grado de la presión actual sobre los recursos hídricos en México (2005), sin considerar los impactos del cambio climático.



Mapa 6: Grado de presión sobre los recursos hídricos para el año 2030, cuando se consideran los escenarios climáticos y proyecciones socioeconómicas.



Fuente: SEMARNAT 2007

Investigaciones anteriores han mostrado que los choques climáticos afectan la altura de los niños menores de tres años en México. Según un estudio realizado por Skoufias y Vinha (2011), las precipitaciones superiores a la media se asociaron con el crecimiento lento en los niños, independientemente de su región, mientras que los choques de temperatura más frías se asociaron con la presencia de niños de estatura baja en las zonas centro y sur del país. Aunque no hubieron diferencias significativas resultantes de las temperaturas superiores a la media, ciertos grupos de niños, como aquellos entre 1 y 2 años de edad, tienden a ser afectados negativamente en términos de altura.

Esta sección profundiza el análisis al utilizar escenarios de cambio climático para estimar futuros cambios en la temperatura y precipitación entre 2030-2039, el impacto potencial en la productividad de maíz por hectárea a nivel municipal y su relación con la desnutrición infantil en menores de cinco años en áreas rurales. El maíz es el principal cultivo en México. En 2007, la producción de maíz cubrió 6.82 millones de ha, una cuarta parte de tierras adecuadas para el cultivo en el país (27.3 millones ha.) (FAOSTAT, SEMARNAT, 2010). De estas, 5.5 millones de hectáreas eran de maíz blanco para consumo humano, el cual es el centro de este análisis.⁸ En 2007, se produjeron casi 20mn toneladas de maíz blanco en México (92% de la producción total de maíz). El maíz es cultivado por cerca de 3.2 millones de agricultores en el país, de los cuales la mayoría (92%) son pequeños campesinos, dueños de entre 0 y 5 hectáreas de tierras que suelen ser pobres, con rendimientos limitados, utilizadas principalmente para el autoconsumo. Por el contrario, una minoría de pequeños y medianos agricultores (alrededor del 8%) produce casi 44% de todo el rendimiento de maíz, con rendimientos promedio más altos que van desde 1.8 hasta 3.2 toneladas por hectárea. Aunque las condiciones climáticas se determinen exógenamente, los agricultores pueden reducir el daño potencial por fenómenos climáticos extremos a través de estrategias de adaptación como invertir en

cultivos resistentes a la sequías y la infraestructura de riego (Mendelsohn, 2000).

En el corto plazo, sin embargo, los pequeños agricultores no se adaptan fácilmente, debido a una variedad de factores incluyendo la falta de acceso a capital de inversión para riego y el conocimiento limitado de nuevas semillas y técnicas. Actualmente los pequeños productores mexicanos confían más en la tecnología de secano (semillas, fertilizantes y mano de obra) ya que la infraestructura de riego está concentrada geográficamente y es costoso ampliarla. Asimismo, el cambio de la producción de maíz a otro cultivo es poco probable dado que el cultivo de maíz es una milenaria tradición en México y por el alcance limitado de los servicios de extensión agrícola. Los modelos de clima conjunto predicen aumentos de temperatura y caídas en las precipitaciones. Bajo estos escenarios, la temperatura media aumenta 1.23 grados centígrados en promedio, y la precipitación media disminuye de un alto 13.8%, dependiendo de la región. Ambos fenómenos ocurrirán simultáneamente. Aumentos moderados de temperatura debajo de los niveles actuales de precipitación mejoran los rendimientos; pero caídas en la precipitación invariablemente reducirán la producción de maíz, aunque se mantengan las temperaturas promedio actuales.

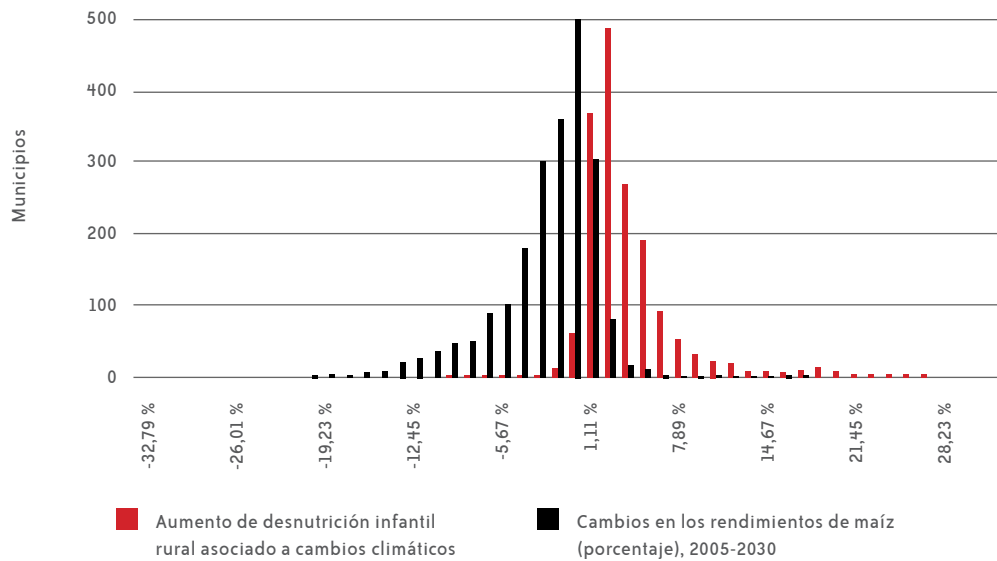
Para la temporada primavera-verano 2030-2039, la mayoría de los municipios (84%) experimentarán al menos una disminución marginal en la producción de maíz, mientras que algunos municipios experimentarán disminuciones superiores al 15%. La Figura 4 muestra que la mayoría de los municipios experimentará disminuciones de menos del 5%. Sin embargo, también existen importantes valores atípicos, que tendrán disminuciones de más del 15%, y estos pueden encontrarse en los estados de Chihuahua, Yucatán y Puebla (ver la Tabla 9). El Mapa 7 muestra el efecto del cambio climático en los rendimientos de maíz de secano (como la variación porcentual del rendimiento municipal promedio por hectárea). Los municipios costeros (especialmente Yucatán, Tamaulipas, Sonora, Veracruz y Oaxaca) suelen ser más afectados que el centro de México donde la productividad de maíz ha sido históricamente mayor y los cambios de temperatura y precipitación parecen más benignos.

⁸ En México, aproximadamente el 90% de la producción de maíz es maíz blanco, el que se utiliza para consumo humano (a diferencia del de color amarillo y aplastado que se utiliza para alimentar el ganado, y apenas se produce en México).

Mapa 7: Variaciones porcentuales en rendimiento de maíz (toneladas por hectárea), 2005-2030, primavera-verano*



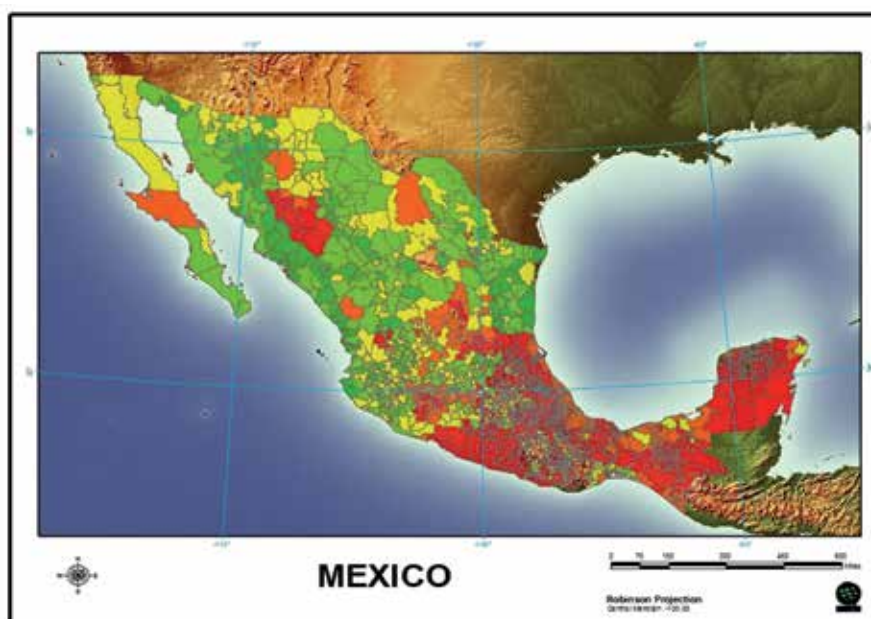
Figura 4: Cambios en el rendimiento de maíz (porcentaje), 2005-2030, primavera-verano y en la desnutrición infantil rural asociados a cambios climáticos



La relación entre la variabilidad del clima en los municipios rurales y la producción reducida de maíz es heterogénea dado el doble papel de los hogares como consumidores y productores de alimentos. Los productores netos pueden beneficiarse de precios más altos, pero para los agricultores de subsistencia la pérdida de cultivos puede aumentar la dificultad. Su limitada capacidad para generar beneficios en el sector y su vulnerabilidad a eventos climáticos catastróficos podría forzar su capacidad de adaptación. La adaptación podría suponer la migración o dedicarse a actividades no agrícolas. Los alimentos podrían provenir de otras regiones

y las transferencias públicas para cubrir estas contingencias podrían atenuar el impacto negativo. Por lo tanto es difícil prever si las pérdidas de rendimiento (por el cambio climático) conducirán a una mayor inseguridad alimentaria y, a su vez, a desnutrición infantil (Skoufias et al. 2011; Olivera et al. 2012). Algunos hogares agrícolas se benefician de precios más altos de los alimentos como los productores, pero muchos otros viven cerca a la subsistencia generalmente están lastimados por los impactos adversos de la productividad como consumidores.

Mapa 8: Tasas de desnutrición infantil rural (desmedro) en niños menores de cinco años, 2005



Con base en estimaciones iniciales, el cambio climático se asocia con cambios en la desnutrición en los niños menores de cinco años en zonas rurales de entre -4.73% y +1.59% para 2030 (en relación a las tasas de desnutrición infantil en 2005), pero la mayoría de los municipios (81%) presentan al menos incrementos marginales. La situación más crítica en las zonas rurales aparece en Chihuahua, Guerrero y Yucatán que ya exhiben altos índices de desnutrición infantil en muchos de sus municipios (Ver mapa 8) y donde se esperan más incrementos en la desnutrición infantil. Varios

municipios en estos estados tienen aumentos de entre 4% y 8%. Por el contrario, estados del norte y centro como Querétaro, Baja California y Nuevo León muestran reducciones en la desnutrición infantil rural y con bajas tasas de desnutrición infantil ya en la línea base. La mayoría de los estados de hecho muestra tanto ganancias como pérdidas en los cambios previstos de desnutrición infantil asociadas con el cambio climático.

Tabla 9. Efectos del cambio en la desnutrición a nivel municipal, clasificación de los diez municipios rurales más afectados

Estado	Municipios	Cambios en el rendimiento de maíz (primavera-verano, 2005-2030)	Aumento en la desnutrición infantil rural	Clasificación de municipios
Chihuahua	Batopilas	-32.79%	8.25%	1
Yucatán	Sinanché	-26.57%	7.85%	2
Chihuahua	Morelos	-21.76%	7.12%	3
Yucatán	Yobaín	-21.42%	5.80%	4
Yucatán	Cantamayec	-21.07%	5.48%	5
Yucatán	Sotuta	-19.80%	5.25%	6
Puebla	Ixcamilpa de Guerrero	-20.20%	4.88%	7
Yucatán	Cacalchén	-17.52%	4.62%	8
Yucatán	Chankom	-16.96%	4.56%	9
Yucatán	Huhí	-17.06%	4.55%	10

3.2 Cambio climático y pobreza de ingresos

La incapacidad de regular el consumo después de los choques climáticos puede conducir a las personas a la pobreza. Un estudio comparativo sobre la superación de la pobreza en 15 países de África, el sur y este de Asia y América Latina (incluido México), encontró que los choques y la falta de protección social fueron los principales impulsores de la pobreza. Entre los choques identificados, los desastres naturales fueron la razón más importante (problemas de salud y muerte fueron el tipo más importante) por la que la gente se ha empobrecido (Narayan, Pritchett y Kapoor, 2009). Asimismo, Ahmed et al. (2009) estimaron el impacto de las inundaciones, sequías y temperaturas extremas⁹ en la pobreza en el sector de la agricultura en una muestra de 16 países de diferentes regiones con datos de 2001 y encontraron que México estaba entre los países con el mayor porcentaje de su población entrando en situación de pobreza a causa de eventos extremos.

9 Cada choque se define de la siguiente manera: (i) inundaciones: porcentaje de precipitación total anual debido a los eventos que superen el percentil 95 de 1961-1990, (ii) sequías: número máximo de días de estiaje consecutivos, y (iii) calor extremo: índice de duración de la ola de calor.

Varios estudios específicos de México han encontrado relaciones similares entre el consumo, las tasas de pobreza y las condiciones climáticas adversas. En el norte rural de México, los gastos en alimentos en 2002 disminuían 37% si los días-grado cultivo (días de calor necesarios para que los cultivos sigan creciendo) eran menores a una desviación estándar de la media histórica durante el año agrícola anterior y 28% menos durante la temporada de lluvias anterior (abril-septiembre 2001) (Skoufias y Vinha, 2010). Del mismo modo, la pobreza aumentó entre 1.5-3.7% en municipios afectados por desastres entre 2000 y 2005, siendo que las inundaciones y sequías provocaron la mayoría de los daños (Rodríguez-Oreggia, et al., 2012) y 0.9-1.6% (dependiendo de la medida considerada) para aquellos municipios que fueron afectados por los desastres durante la década de 1990.

Un análisis original realizado para este informe trató de averiguar la relación entre la pobreza y el cambio climático en México, observando una selección de municipios para el período 2005-2030. Para evaluar los efectos del cambio climático en la pobreza, se utilizó una regresión de mínimos cuadrados de dos etapas (MC2E), se realizó una regresión de la temperatura y precipitación (junto con controles geográficos y efectos fijos por estado y año) en el PIB per cápita

municipal para 2000 y 2005, que fue utilizada como base para la predicción de PIB per cápita en una segunda ecuación para estimar la pobreza municipal en los mismos años. Los cambios en el PIB per cápita afectan la pobreza y viceversa. Por esta razón, se utilizó la precipitación y la temperatura en una primera etapa para instrumentar el PIB y, por lo tanto, se elude el problema de la endogeneidad. En otras palabras: se puede explicar la variación en el PIB per cápita a través de las diferencias en las condiciones climáticas del municipio y, posteriormente, esto sirve para predecir los efectos del cambio climático en la pobreza. Se realizó este ejercicio para los niveles de pobreza en las tres medidas alternativas de la pobreza definidas oficialmente en México hasta el año 2010: la pobreza alimentaria, la pobreza de capacidades y la pobreza de patrimonio (casi equivalentes a la pobreza extrema, pobreza y pobreza moderada) tal como fueron publicadas por el Consejo Nacional para la Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) en México. También se estimó la pobreza para el año 2030 sin cambio climático. Para ello, se multiplicó la elasticidad PIB-pobreza obtenida antes por la tasa del crecimiento proyectado del PIB per cápita entre 2005-2030 (además de contemplar proyecciones de población a 2030).

Partiendo de este enfoque se estima que la pobreza de patrimonio (introducir nota al pie con definición) caerá durante los próximos 25 años debido a un crecimiento económico y poblacional continuo de 49.4% en 2005 a 15.25% en 2030. En la Tabla 10 vemos que en cuanto se considera el cambio climático, la pobreza se reduce de 49.4% en 2005 a 17.68% en 2030. Como se observa, una mayor densidad de población y un mayor crecimiento económico reducirían la pobreza, pero el cambio climático frenaría dicho ritmo de reducción de la pobreza en 2.43%. En sentido estricto, el impacto del cambio climático en la pobreza no es lo que sucedería con la pobreza en un plazo de 25 años (desde 2005) ante la presencia del cambio climático, sino cuáles serían las tasas de pobreza en el futuro (en 2030) con y sin cambio climático. En este caso, comparando la tasa de pobreza patrimonial prevista para 2030 con y sin cambio climático, observamos que la pobreza aumenta un 2.43% en 2030 debido al cambio climático. En números absolutos, teniendo en cuenta las actuales proyecciones de población para 2030, esto significa que 2.902.868 personas caerán en la pobreza como consecuencia del cambio climático.

Tabla 10: Cambio climático y estimaciones de pobreza de ingresos para México

	Pobreza alimentaria	Pobreza de capacidades	Pobreza de patrimonio
Tasa de pobreza, 2005 (nacional)	18.2 %	24.7 %	47 %
Tasa de pobreza, 2005 (muestra propia)	18.50 %	25.66 %	49.40 %
Población en la pobreza, 2005 (muestra propia)	18,673,294	25,286,752	48,157,443
Tasa de pobreza en 2030 <i>sin</i> cambio climático	2.05 %	3.86 %	15.25 %
Población en la pobreza en 2030 <i>sin</i> cambio climático	2,459,082	4,626,202	18,247,694
Tasa de pobreza en 2030 <i>con</i> cambio climático	2.36 %	4.56 %	17.68 %
Población en la pobreza en 2030 <i>con</i> cambio climático	2,822,406	5,447,740	21,150,562
Nuevos pobres en 2030 por el cambio climático	363,324	821,538	2,902,868

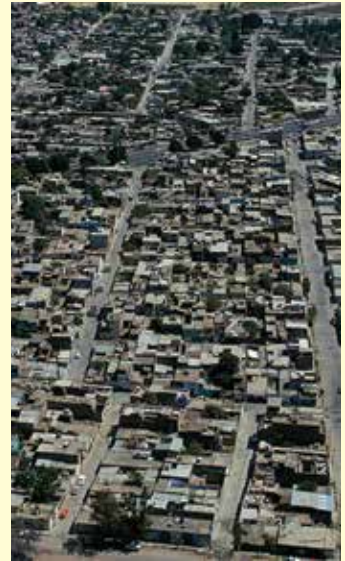
Unas palabras finales de precaución sobre estas estimaciones, la mayoría de las cuales son comunes para hacer ejercicios de simulación de esta naturaleza. Primero, los escenarios de cambio climático y producción se caracterizan por la incertidumbre. Esta incertidumbre es intrínseca a las proyecciones a largo plazo y a la escala geográfica que fueron proporcionadas. En segundo lugar, las elasticidades clima-producción empleadas asumen que los cambios climáticos serán muy graduales durante los próximos 25 años. En tercer lugar, se asume que la elasticidad pobreza-producción permanecerá constante en el tiempo. Si bien es marcada, esta situación no es completamente improbable para un país de ingresos medios como México, donde ya han ocurrido cambios profundos en la estructura económica. Y, finalmente, los escenarios de pobreza para 2030 con y sin cambio climático no asumen una adaptación al cambio climático en el sentido de que las proyecciones de desarrollo económico y crecimiento de la población utilizadas no tomaron en cuenta al cambio climático. Considerando las advertencias indicadas, las conclusiones presentadas deberían leerse como un indicador de la dirección y la posible magnitud de los efectos del cambio climático en la pobreza en México, en lugar de concebirse como pronósticos reales.

3.3 Cambio climático e indicadores del desarrollo humano

Ya existe evidencia de que los fenómenos meteorológicos extremos tienen repercusiones en los indicadores de educación en México. Esta evidencia se basa en la investigación tras las sequías de 1998 a 2000 en México central, donde se constató que muchos niños en las zonas rurales dejaron de asistir a la escuela y comenzaron a trabajar. Aquellos niños retirados de la escuela durante las sequías tenían alrededor de un 30% menos probabilidades de reanudar sus estudios [De Janvry et al. 2006].

Los desastres similares relacionados con el clima también tienen repercusiones en los gastos e indicadores de salud del hogar. Un estudio estimó que un aumento de temperatura de 1° C se relaciona con el aumento de 1.5-2% de casos de fiebre del dengue en Colima y Guerrero entre 1998 y 2004; y un aumento de 1° C se relaciona con un aumento de 1.15 y 1.06% de los casos de malaria en Chiapas y Sinaloa, respectivamente [SEMARNAT 2007]. Otro estudio halló que los niños menores de cinco años en zonas rurales de México central, que fueron afectados por las sequías y las inundaciones tenían de 1.14 a 1.26 veces más probabilidades de enfermarse que los niños que vivían en áreas que no fueron afectadas [De la Fuente y Fuentes 2010].

4. Las políticas y el marco institucional



El análisis presentado demuestra los impactos potenciales del cambio climático durante las próximas décadas. En cuanto a los efectos inmediatos de los desastres naturales, existe evidencia de que los municipios más pobres del país suelen estar en mayor riesgo y tienen proporcionalmente más que perder en cuanto a bienes públicos y privados expuestos a riesgos de desastres. Muchos de estos municipios también pueden sufrir una mayor vulnerabilidad agrícola en sus zonas rurales durante las próximas décadas, debido a la variabilidad en la temperatura y la precipitación y a la limitada capacidad de adaptación en términos de organización, lejanía y acceso a apoyo financiero (como las remesas o programas de alivio de desastres). Asimismo, es plausible que el cambio climático afectará negativamente la desnutrición rural infantil, la pobreza y otros indicadores de desarrollo humano en lugares que ya son considerados vulnerables y expuestos como las zonas montañosas y las zonas costeras del sur, y entre los grupos sociales vulnerables como los trabajadores urbanos en el sector informal y los agricultores de subsistencia.

En general, los hallazgos de este informe señalan la importancia de un marco institucional y normativo que sea sensible y responda a los retos únicos de adaptación que surgirán a nivel estatal y municipal. Habrán aumentos en la vulnerabilidad y en los retos del desarrollo humano asociados con una gran variedad de ambientes, incluyendo áreas norteñas de secano, zonas costeras del sur expuestas y barrios urbanos marginados. De la misma forma, dentro de los estados puede haber una variación significativa entre municipios urbanos y rurales, entre los municipios rurales y entre diferentes grupos sociales como los campesinos indígenas, los pequeños agricultores, así como los habitantes de barrios urbanos marginados y trabajadores informales. Las implicaciones de la política se abordan según los temas principales del informe: fortalecer la reducción de desastres a nivel municipal; fortalecer la adaptación a más largo plazo de los medios de subsistencia rurales; y proteger el bienestar de los hogares ante los impactos del cambio climático. La reducción de riesgo de desastres y la adaptación a largo plazo también representan áreas de política del PPD sobre Fortalecimiento

de la Resiliencia Social al Cambio Climático financiado por el Banco Mundial. La protección del bienestar de los hogares se refiere principalmente al programa *Oportunidades* de la SEDESOL, que es parcialmente financiado por un préstamo de inversión del Banco Mundial, y el Programa de Prevención y Manejo de Riesgos de la SAGARPA, que también se consolida en el área de políticas de reducción de riesgo de desastres del PPD.

4.1 Fortalecimiento de adaptación a largo plazo de los medios de subsistencia rurales a nivel subnacional

En general, el análisis de este informe mostró que los medios de subsistencia rurales en muchos municipios serán cada vez más vulnerables al cambio climático mientras que en otros disminuirá la vulnerabilidad. La vulnerabilidad rural aumentará al máximo entre los municipios en estados centrales como Zacatecas y Guanajuato debido, en parte, a la escasez de agua. También habrán importantes aumentos de vulnerabilidad en los estados del sur expuestos (Yucatán y Chiapas), así como en el estado norteño de Chihuahua afectado por la sequía. Estas tendencias a nivel estatal ocultan cambios potenciales importantes dentro de los estados, siendo que Oaxaca tiene 124 municipios con aumentos superiores a la media nacional, pero el resto de los 570 municipios tienen aumentos inferiores a la media. Además, los municipios en la categoría altamente vulnerable tienden a estar conformados por poblaciones indígenas y pequeños agricultores, y se caracterizan por el acceso limitado de los agricultores a ahorros, remesas y programas gubernamentales. Esto sugiere la importancia de contar con un marco de adaptación caracterizado por: (i) planificación coordinada entre los niveles de gobierno federal, estatal y municipal, así como entre los diferentes estados y municipios, (ii) focalización de recursos de adaptación a los estados y municipios más vulnerables, (iii) empoderamiento de grupos desfavorecidos, como los indígenas, para participar en la toma de decisiones de adaptación.

4.1.1 El actual marco de políticas para el fortalecimiento de la adaptación de los medios de subsistencia rurales

México ya es un país innovador en materia de política rural y pasa de una política agrícola vertical hacia una política multisectorial de abajo hacia arriba, con un enfoque territorial (OCDE 2007). Las características innovadoras del marco institucional de México para la política rural incluyen mecanismos de coordinación entre varios niveles de gobierno y la inclusión de actores de la sociedad civil en la planificación de la política rural. Este enfoque multinivel de gobernabilidad rural se rige por la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, en vigor desde el año 2001, que dicta la creación de una Comisión Intersecretarial para el desarrollo rural que reúne a los líderes de diferentes Secretarías que participan en el desarrollo de las zonas rurales. La Ley también hace hincapié en un enfoque de abajo hacia arriba y territorial que considere la descentralización de la toma de decisiones para el diseño e implementación de proyectos basados en la demanda local. Además, la Ley fomenta la creación de consejos de desarrollo rural que participen directamente con los productores rurales y organizaciones civiles en la planificación e implementación del desarrollo rural. Otra innovación importante fue la creación del Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable 2007-2012 (PEC) que integraba los programas de las diferentes Secretarías y designaba un presupuesto rural. Este programa incluía políticas públicas orientadas a la generación y diversificación del empleo y a mejorar el bienestar de la población rural, dando prioridad a las zonas con altos niveles de marginación. SAGARPA continúa focalizando los grupos más vulnerables en las zonas de alta marginación a través del Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA), a partir de la experiencia de programas anteriores como *Alianza Contigo*.

Otra iniciativa importante diseñada para apartarse de los enfoques basados únicamente en el sector hacia el desarrollo de municipios vulnerables, fue el trabajo de la Unidad de Microrregiones de la SEDESOL. En lugar de servir únicamente como un programa de inversión, la estrategia de Microrregiones fue diseñada para garantizar una planifi-

cación coordinada y evitar la duplicación de esfuerzos entre las Secretarías federales y entre autoridades federales y estatales. En la administración anterior (2007-2012) Microrregiones era una unidad administrativa dentro de la SEDESOL que articulaba los tres niveles de gobierno y la sociedad civil para el desarrollo de las ZAP (zonas de atención prioritaria – municipios con los más altos niveles de marginación). La Unidad coordinaba la Estrategia 100 x 100, el Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP) y el Programa 3x1 para Migrantes. La Estrategia 100 x 100 era un esquema de coordinación para integrar las acciones de varios programas federales que promovieran el desarrollo social y económico (debido a que no se trataba de un programa, no contaba con un presupuesto federal específico). El objetivo de la Estrategia era invertir en la creación de micropolos de desarrollo (centros estratégicos comunitarios o CEC) en las regiones consideradas desfavorecidas social y económicamente. Tales micropolos servirían como centros de crecimiento económico endógeno y prestación de servicios a las poblaciones de las 263 microrregiones que incluían más de 1,300 municipios desfavorecidos. Según la Revisión de la Política Rural de la OCDE (2007), el Programa de Desarrollo Rural de la SAGARPA y la Estrategia de Microrregiones de la SEDESOL representaban mejores prácticas ya que i) adoptaban un enfoque territorial e integrado para el desarrollo rural que se extendía más allá de sectores específicos, ii) se centraban en inversiones, en lugar de subvenciones, iii) coordinaban esfuerzos entre múltiples actores y niveles de gobierno. Bajo la actual administración (2013-2018), Microrregiones ha sido integrado como parte del Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias (PDZP).

4.1.2 Medidas de políticas relevantes convenidas bajo el Préstamo para Políticas de Desarrollo, Área de Política 1: Fortalecer la resiliencia social a través de la planificación de adaptación a largo plazo orientada a nivel estatal

Mientras que México avanza hacia un enfoque multinivel de política rural, debe establecerse la arquitectura institucional a fin de garantizar un enfoque similar a la adaptación a

largo plazo. A nivel nacional, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se encarga de la coordinación intersectorial de todas las actividades de cambio climático en el país. En 2005, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), conformada por representantes de siete Secretarías, produjo la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC), que constituyó un antecedente para la creación del Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC). Estos fueron los dos principales documentos que describían la respuesta del Gobierno ante el cambio climático. Asimismo, el Gobierno de México ha enviado cinco comunicaciones nacionales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y se ha involucrado en muchas de las reformas sectoriales para hacer frente al cambio climático. Esto sugiere que a nivel federal, el Gobierno de México se adelanta a muchos países en cuanto a su preparación de adaptación. Sin embargo, también parece que se debe prestar más atención en proveer apoyo federal para facilitar la adaptación local al cambio climático y para abordar sus efectos diferenciados en los grupos pobres y vulnerables. Para ello, como parte del PPD 2012 sobre Resiliencia Social, se acordó que el grupo de trabajo de adaptación de la CICC (i) aprobara el marco de las políticas de adaptación de mediano plazo que requirieran el desarrollo de medidas para reducir la vulnerabilidad diferencial y fortalecer la planificación de adaptación local, (ii) creara un Comité Técnico Asesor para facilitar la participación de expertos y actores clave en la formulación de la Estrategia Nacional de Adaptación para México. La CICC anunciada por la actual administración en enero de 2013 incluye la colaboración de 13 Secretarías de Estado. El ejecutivo federal convocó a la creación de un Sistema Nacional de Cambio Climático con la participación de la sociedad civil y los tres niveles de gobierno, a fin de dar seguimiento a las políticas y acciones de la CICC y asegurar su eficiencia. Bajo un enfoque transversal, los programas federales serán alineados y coordinados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, fortalecer la infraestructura de prevención de desastres naturales, y preservar los recursos. Con respecto del reto planteado por la falta de financiación para la adaptación a nivel federal, una de las acciones de política para el PPD incluyó la aprobación del Congreso de un nuevo programa presupuestario: el Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático y Prevención de

Desastres Naturales para financiar iniciativas de adaptación por un monto de 300 millones de pesos. *La SEMARNAT ejecutará este programa.*

A nivel estatal, suelen implementarse esfuerzos de adaptación, pero no cuentan con tanta promoción o coordinación como a nivel federal. Los estados de México tienen el poder y la autoridad para hacer cumplir sus propias leyes, recaudar impuestos y dirigir sus asuntos con un amplio margen de libertad de intervención de parte del Gobierno Federal o de otros estados. Sin embargo, por lo general no hay organizaciones formales encargadas de la adaptación al cambio climático a nivel estatal. Mientras que las Secretarías de Estado poseen sus propios instrumentos políticos y órganos legislativos, contienen también la representación a nivel de estado de las Secretarías federales, así como las organizaciones de productores y otros grupos especiales de interés. La estructura organizacional carece de una definición sobre el papel de cada grupo a nivel técnico, lo cual conduce inevitablemente a la duplicación y a la existencia de brechas. Esta situación se complica aún más debido al sistema electoral, donde cada seis años (sólo dos o tres años para las elecciones locales), se forma un nuevo gobierno, lo que suele conducir a una reorganización de funcionarios designados, incluso a nivel técnico. Sin embargo, algunos estados están desarrollando estrategias de cambio climático. Por ejemplo, el estado de Michoacán, en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), desarrolló una estrategia de adaptación y mitigación del estado como parte del Programa de Sustentabilidad Ambiental y Cambio Climático. Si bien este esfuerzo intentó incluir actores locales en su implementación, visiblemente faltaron agencias federales. Por otro lado, los estados de la península de Yucatán lanzaron una iniciativa de planificación de cambio climático regional durante la 16ª Conferencia de las partes en Cancún en diciembre de 2010. En el marco del PPD 2012 sobre el Fortalecimiento de la Resiliencia Social al Cambio Climático, *los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo firmaron un convenio de coordinación para el desarrollo de una estrategia regional para la adaptación al cambio climático y un fondo de acción climática de la península de Yucatán. Esta iniciativa es coordinada por la Comisión Regional de cambio climático para la península de Yucatán.*

4.1.3 Retos y opciones de política actuales para fortalecer la adaptación de los hogares rurales

Si bien existe una arquitectura institucional para la coordinación multinivel de la planificación de adaptación a largo plazo para fortalecer los hogares rurales, queda trabajo por hacer para enfocar la asistencia financiera y técnica a los agricultores y municipios cada vez más vulnerables. No todos los gobiernos municipales están igualmente equipados ni cuentan con personal que tenga el apoyo y la experiencia suficiente para hacer frente a los retos del cambio climático. Paradójicamente, los municipios más aislados y remotos tienden a ser más vulnerables y cuentan con menos recursos para enfrentar el desafío. Esto sugiere que debe hacerse un mayor énfasis en el fortalecimiento de la capacidad de los municipios más expuestos. Tanto el Programa de Desarrollo Rural de la SAGARPA, como el PDZP de la SEDESOL, están diseñados para brindar asistencia financiera y técnica a los agricultores y municipios más vulnerables. *En el futuro, debe prestarse atención a integrar indicadores de vulnerabilidad al cambio climático en los mecanismos de selección para el Programa de Desarrollo Rural y el PDZP. Asimismo, el Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático debe estar en coordinación con estas iniciativas a fin de capitalizar en su enfoque descentralizado, territorial y de abajo hacia arriba.* Entre las posibles sinergias se podrían incluir esfuerzos concertados para apoyar la agricultura "climáticamente inteligente" (por ejemplo, medidas agro-forestales o de conservación de agua), medidas de adaptación tales como ampliar la cobertura de riego o alentar la diversificación hacia cultivos resistentes a las sequías y desarrollar sistemas de alerta temprana que capturen información sobre las condiciones de sequía localizada.

La participación de las personas (incluidos los pobres y más vulnerables) en el diseño de medidas de políticas de adaptación será crucial, ya que ellos cuentan con los conocimientos prácticos del medio ambiente local de los que depende su resiliencia. La literatura científica existente subraya que la adaptación tiene y seguirá teniendo, una dimensión predominantemente local, a medida que las personas se adaptan a contornos específicos de su medio ambiente físico y natural (México es muy heterogéneo y cuenta con

dos zonas costeras muy diversas, zonas montañosas, tierras bajas, colinas boscosas tropicales, y ambientes propensos a sequías en el norte). En ese contexto, debe prestarse especial atención al papel de grupos como los "núcleos agrarios", grupos comunitarios forestales, y autoridades indígenas tradicionales en las principales estrategias de adaptación a nivel local, junto con los esfuerzos a nivel nacional, estatal y municipal. Dichas instituciones informales pueden desempeñar un papel crucial en el suministro de información a los sectores más vulnerables de la sociedad mexicana (aquellos con hogares y bienes expuestos a tendencias climáticas adversas y sin los recursos adecuados para responder); a la vez que incorporan valiosos conocimientos sobre ecología tradicional local en las estrategias, planes y acciones de adaptación; así como el monitoreo de la implementación de iniciativas de adaptación y la provisión de retroalimentación a las autoridades formales sobre la efectividad de las medidas adoptadas.

Los sistemas sociales resilientes son un objetivo sin efectos negativos para la adaptación al cambio climático de todos los sectores de la población y son aún más críticos para los grupos sociales y comunidades cuyo sustento depende en gran parte de su medio ambiente físico. Sin embargo, una parte importante de la resiliencia de la gente, se basa en estrategias que son eficaces a nivel micro (o local). El conocimiento tradicional, a menudo silencioso, integrado en las prácticas de los agricultores, pescadores, ganaderos, etcétera, constituye un importante cuerpo de conocimiento sobre el cual se pueden desarrollar medidas de adaptación culturalmente adecuadas y sostenibles, y del que puede depender la resiliencia. No obstante, la resiliencia requiere más que la adaptación de enfoque convencional, como se indica en la literatura reciente sobre prácticas indígenas que están empezando a fallar frente a nuevos tipos de fenómenos climáticos o una exposición más intensa a formas previamente conocidas de variabilidad climática. Por esta razón, el desarrollo de estrategias de adaptación efectivas requiere que las autoridades nacionales y locales, científicas, organizaciones comunitarias y otras partes interesadas participen como socios iguales en un proceso de codiseño y coaprendizaje. *Un primer paso importante será el desarrollo de un sistema para integrar puntos de vista de ciudadanos así como conocimiento local/indígena en las decisiones de adaptación.*

Inicialmente, esto podría incluir ejercicios participativos de diagnóstico y desarrollo de escenarios para grupos específicos y programas de adaptación particulares. Sin embargo, con el tiempo dicho sistema debe evolucionar hacia un enfoque institucionalizado para diseñar programas en colaboración con las personas que serán más afectados por el cambio climático.

4.2 Fortalecimiento de la reducción del riesgo de desastres a nivel municipal

Los análisis de riesgo de desastres hidrometeorológicos a nivel municipal realizados para este informe muestran que los municipios con mayor riesgo están conformados por viviendas de bajos ingresos e infraestructura pública insuficiente (carreteras, hospitales, escuelas y puentes), y suelen tener perfiles socioeconómicos menos privilegiados. Tales municipios tienden a ser —en su mayoría— pobres y rurales, con grandes poblaciones indígenas, más viviendas con piso de tierra y más familias encabezadas por mujeres. También se descubrió que solamente 21% de los municipios con altos niveles de riesgo hidrometeorológico contaba con un plan de respuesta ante desastres, 61% tenía un programa de defensa civil, mientras que poco más de la mitad señaló tener mapas de riesgos. Por lo tanto, aquellos municipios que enfrentan los mayores riesgos de desastres relacionados con el clima, son también los que tienen las poblaciones más vulnerables en cuanto a capacidad de adaptación, las estructuras habitacionales más frágiles (casas con piso de tierra) y el menor acceso a los instrumentos importantes de reducción de desastres. Esto apunta a la necesidad de contar un marco de política que dirija recursos eficientemente a los municipios más vulnerables para prevención, recuperación y respuesta ante desastres.

4.2.1 El actual marco de política para la reducción de desastres en México

a. Respuesta y preparación ante desastres

Aunque se ha avanzado en la planificación para la prevención de desastres, el sistema de gestión de riesgos de desastres de México sigue siendo, en general, reactivo. En

cuanto a respuesta a desastres en México, la SEGOB toma el liderazgo en la coordinación de esfuerzos de protección civil, que se operacionalizan en el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Mientras que la SEGOB realiza esfuerzos para crear conciencia y promover la prevención de desastres, las decisiones relacionadas con la integración de riesgo en las inversiones de desarrollo están más allá de su competencia.

El SINAPROC fue fundado en 1986 y establece un sistema de cooperación intergubernamental y mecanismos de participación comunitaria. El sistema está conformado por una amplia gama de partes interesadas en las relaciones de coordinación, funcionales y de asesoramiento desde el nivel nacional hasta niveles municipales, incluyendo departamentos gubernamentales, académicos y organizaciones no gubernamentales. Las relaciones funcionales descienden de la SEGOB hacia al Director General de Protección Civil. A partir de ahí, la relación entre las estructuras federales y los sistemas a nivel estatal y municipal y las comunidades es coordinativa. También existe una relación funcional entre el sistema de nivel estatal y el gobierno del estado y el sistema a nivel municipal y el Ayuntamiento.

En teoría, la protección civil en México es descentralizada y funciona bajo el principio de subsidiariedad. Los gobiernos municipales son totalmente responsables de la gestión del riesgo de desastres y solo si se supera su capacidad financiera interviene el gobierno del estado; a su vez, cuando se ha superado la capacidad del gobierno del estado, el Gobierno Federal se involucra. Los gobiernos municipales son responsables de identificar áreas de alto riesgo; tomar medidas precautorias para movilizar y alojar a personas en albergues temporales; y desarrollar una legislación local apropiada para aumentar la seguridad (Wilkinson 2009). En general, el SINAPROC funciona bien para tareas como alerta temprana, evacuaciones, etcétera. Sin embargo, los sistemas de respuesta post-desastre tienen algunas debilidades; la respuesta es fragmentada entre agencias y programas y hay una falta de coordinación en los niveles inferiores de gobierno. La asignación de recursos financieros a veces es tardía e insuficiente, y la ayuda de desastre no llega siempre a los más pobres y más vulnerables.

México tiene un sistema de financiación de riesgo de desastre relativamente sofisticado, pero permanece sin poder cumplir con sus obligaciones post-desastre. El Fondo para Desastres Naturales (FONDEN) es un fondo de calamidad nacional, también parte del SINAPROC, que se estableció en 1996 para proporcionar soporte para una rápida recuperación después de desastres. Desde su creación, los recursos han sido insuficientes para cumplir con todas las obligaciones. Las reservas de 2010 se terminaron con un solo evento, el huracán Alex, que azotó el noreste de México en julio de 2010, lo que dejó al sistema sin recursos para responder a las históricas inundaciones que afectaron a varios estados del sur más tarde. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y el FONDEN están tratando de transferir el riesgo al mercado al asegurar al FONDEN contra los principales riesgos naturales (huracanes, terremotos e inundaciones) que afectan la infraestructura pública y viviendas de bajo ingreso. Los bienes asegurados incluyen: (a) carreteras federales, (b) infraestructura seleccionada del sector hídrico (sobretudo presas), (c) hospitales, (d) escuelas y (e) viviendas de bajo ingreso (por debajo del umbral de pobreza patrimonial). México también fue el primer país en desarrollo en emitir un bono de catástrofe, que proporciona al FONDEN cobertura para grandes huracanes y terremotos. Sin embargo, no son las grandes catástrofes las que están causando que el FONDEN exceda su presupuesto anual, sino más bien los eventos de menor riesgo que ocurren regularmente.

Más allá de la protección civil y la administración de emergencias, el Gobierno de México cuenta con un Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) para promover la reducción del riesgo ex ante. Estados y municipios presentan proyectos para ser cofinanciados por el Gobierno Federal (70%) y el gobierno estatal/municipal (30%). Cada año, el FOPREDEN aprueba la lista de proyectos y fondos federales desembolsados a los estados, que son responsables de la ejecución. En muchos casos, los gobiernos municipales carecen de la capacidad humana o administrativa para presentar proyectos por sí solos y dependen de la ayuda del gobierno del estado para prepararlos.

La experiencia reciente reveló que los estados prefieren gastar todo el financiamiento disponible a través del

FOPREDEN en obras civiles sin un análisis adecuado de los riesgos. Para hacer frente a esto, la SEGOB publicó normas operativas para FOPREDEN en 2010 que promueven la evaluación del riesgo (en particular, el desarrollo y aplicación de atlas de riesgo). Como consecuencia de esto, se espera que el apoyo descienda a obras civiles. Las reglas también permiten la existencia de fórmulas de variables de cofinanciación que dependerán de un análisis costo-beneficio, número de municipios involucrados y costo per cápita. En este nuevo esquema, los fondos no se desembolsan al estado, a fin de mantener el control a nivel federal, y los porcentajes de cofinanciación pueden variar según cada caso. Como parte del énfasis en la prevención, la SEGOB espera financiar —a través del FOPREDEN— atlas de riesgo en los 32 estados usando la misma metodología que el Atlas Nacional de Riesgos elaborado por el Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED). El Gobierno Federal financia el 100% de los atlas.

b. Planificación y gestión de adaptación urbana

Desastres como el huracán Alex, que afectó a los estados norteños de México en junio de 2010, han demostrado la manera en que la limitada planificación y gestión urbana aumentan la vulnerabilidad en las zonas urbanas. Después de este acontecimiento, el FONDEN transfirió alrededor de MXN 16 mil millones para rehabilitar la infraestructura afectada. Se asignaron 60% de los fondos para rehabilitar carreteras e infraestructura urbana. Muchas de las estructuras dañadas habían sido construidas en las riberas o en los lechos de ríos, o sin una evaluación adecuada del riesgo. A pesar de la limitada capacidad para gestionar los riesgos del deficiente diseño y planificación de las áreas urbanas ya consolidadas, el gobierno ha tomado medidas para mejorar la planificación y diseño de nuevos asentamientos urbanos. El PECC 2009-2012 identificaba la necesidad de integrar los instrumentos de planificación existentes (planes urbanos, ecológicos y territoriales) como una de las “capacidades estratégicas de adaptación”. Como punto de partida en el sector urbano, el plan preveía la publicación de directrices de diseño urbano

para aplicarse a desarrollos habitacionales que recibieran financiamiento a través de subsidios federales.¹⁰

Siguiendo la tendencia de la urbanización global, ciudades mexicanas han ampliado sus áreas urbanas desproporcionadamente con relación al crecimiento de la población. Más del 70% de la población vive en zonas urbanas y las proyecciones muestran que para 2025 hasta el 80% de la población vivirá en las 358 ciudades que conforman el Sistema Urbano Nacional. La expansión urbana ha sido impulsada en gran parte por el éxito de la reforma a la política de vivienda iniciada en el año 2000. La vivienda representa alrededor del 60% del crecimiento de las áreas urbanas, de las cuales 40% corresponde a áreas ocupadas por viviendas de bajos ingresos. Desde el año 2000, México ha emprendido una reforma política exitosa del sector inmobiliario, encaminada a aumentar el acceso a la vivienda y reducir el déficit habitacional, estimado en alrededor de 9 millones de unidades. Además de las reformas institucionales y normativas, un instrumento clave ha sido el programa federal de subsidio *Esta es tu Casa*¹¹, que ha recibido asignaciones importantes de presupuesto, particularmente desde 2007.¹² Como consecuencia, el número de nuevos préstamos para la adquisición de viviendas aumentó en alrededor de 300,000 por año a finales de los años 90 a 1 millón desde 2006.

Desafortunadamente, el modelo de crecimiento adoptado por muchas ciudades mexicanas se basa en la expansión urbana. El patrón de desarrollo territorial y urbano de las ciudades mexicanas está aumentando rápidamente la vulnerabilidad de la población urbana, por la concentración de las poblaciones en zonas vulnerables. La limitada planificación urbana y uso del suelo son factores claves que contribuyen a que los eventos de riesgo se conviertan en desastres. Estudios recientes revelan que cerca de 90 mil familias por año

se asientan en lugares no aptos para el desarrollo urbano. En particular son los pobres que habitan las estructuras y zonas vulnerables a amenazas.

La expansión incontrolada de las ciudades da lugar a la creación de nuevos desarrollos de vivienda que están desconectados del centro urbano y de sus puestos de trabajo, economía, servicios, infraestructura, etcétera. La distancia de estas urbanizaciones a los centros económicos y áreas de servicio tiene numerosas consecuencias negativas, lo que no sólo implica costos económicos a los residentes en gastos de transporte, sino también aislamiento social. Se calcula que los hogares gastan la mitad de sus ingresos familiares en transporte y un promedio de dos horas para llegar de casa al trabajo o a la escuela y viceversa. Este patrón de desarrollo urbano ha hecho esencial el transporte privado y motorizado, lo cual, junto con la falta de transporte público de calidad conduce a más contaminación y degradación, creciente congestión de tráfico y número de accidentes, así como estilos de vida sedentarios.

México ha comenzado a poner en práctica políticas urbanas y de vivienda que promueven las ciudades sostenibles como una opción sin efectos negativos que conlleva numerosos co-beneficios tanto para el desarrollo, como para la mitigación y adaptación al cambio climático. El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 establecía la necesidad de lograr un patrón territorial que limitara la expansión desordenada de las ciudades, proporcionara suficiente suelo para usos urbanos y facilitara el acceso de las comunidades a los servicios e infraestructura. En el nivel sectorial, el Plan Sectorial de Desarrollo Social 2007-2012 pretendía reducir las disparidades regionales a través de la planificación territorial y la provisión de infraestructura social que permitiera la integración de regiones marginadas en procesos de desarrollo para dar rienda suelta a su capacidad productiva [Eje 3 – Objetivo 3]. Las principales estrategias para lograr este objetivo eran: (i) fomentar la planificación urbana a largo plazo, (ii) priorizar las inversiones en infraestructura y (iii) dirigir la inversión a regiones de acuerdo a sus ventajas competitivas [Estrategia 3.2].

Para mejorar el diseño urbano, en 2009 la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio de la SEDESOL publicó el proyecto de lineamientos de diseño

10 El Gobierno Federal tiene una capacidad limitada para influir en el diseño urbano y la planificación. Como se trata de la responsabilidad de los gobiernos municipales, la manera más eficaz puede ser la vinculación de los lineamientos, como las condiciones para desembolsar los subsidios federales para la vivienda de interés social.

11 Las reformas en el sector han sido apoyadas por el Banco Mundial a través de una serie de préstamos y servicios de conocimiento a la Sociedad Hipotecaria Federal, Comisión Nacional de Vivienda, SEDESOL y SHCP.

12 Se asignaron 5.111 millones de pesos al programa en 2011, un incremento de 4.870 millones de lo asignado en 2010.

urbano que los desarrollos habitacionales tendrían que cumplir para ser elegibles a recibir subsidios de vivienda.

Estos lineamientos enlistaban requisitos mínimos que debían cumplir las urbanizaciones nuevas (y a gran escala) con el fin de ser elegibles para recibir fondos de programas federales de subsidios a la vivienda. Los lineamientos hacían referencia a la adecuada evaluación de riesgos antes de las obras, pero también constituían un llamado a inversiones en servicios e infraestructura a menor distancia de las áreas comerciales y de empleo, transporte público, zonas verdes, espacios públicos y medios de transporte no motorizados, a fin de garantizar que las nuevas áreas contaran con los servicios adecuados y estuvieran vinculadas a los centros de la ciudad. Los desarrolladores de vivienda y los municipios se opusieron públicamente a estos lineamientos; expresando su preocupación sobre la disponibilidad de financiamiento para cumplir con estos requisitos y su impacto en los precios de la vivienda. Bajo el modelo de negocio predominante de construcción de viviendas y financiamiento, las características urbanas sustentables afectan negativamente al sector de la vivienda disminuyendo la asequibilidad. Esto ocurre a pesar de su reconocido impacto positivo en las finanzas municipales, los gastos domésticos, la competitividad de la ciudad y la sustentabilidad ambiental. Bajo la actual administración 2013-2018, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) es la instancia encargada de diseñar, coordinar y promover las políticas y programas de vivienda del país, a través de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). Una de las grandes estrategias de política en materia de vivienda, que fue anunciada en febrero de 2013, es transitar hacia un modelo de desarrollo urbano sustentable e inteligente.

En un esfuerzo paralelo para fomentar la planificación del desarrollo urbano integrado, se lanzó el programa Desarrollos Urbanos Integrales Sustentables (DUIS) en 2008. DUIS es un grupo interinstitucional conformado por diferentes organismos públicos con el objetivo de articular los programas respectivos de estas instituciones dentro de un territorio predefinido a fin de desarrollar nuevos centros urbanos con infraestructura y servicios adecuados y una mezcla de usos. El programa DUIS permite al Gobierno Federal apoyar (en forma de crédito, donaciones o subvenciones) el desarrollo urbano

regional sustentable. El programa DUIS abastece tanto a los nuevos desarrollos en zonas periurbanas (nuevo desarrollo de suelo) como al desarrollo intra-urbano para suelo subutilizado o rehabilitación de zonas industriales abandonadas.

En un nivel superior y en coordinación con la anterior administración federal 2007-2012, el poder legislativo inició una propuesta de reforma para modificar el marco institucional para la planificación urbana. A mediados de 2009, el Congreso de la Unión (Cámara de diputados y senadores) inició una mesa interparlamentaria para reformar la Constitución, la Ley General de Asentamientos Humanos y otras leyes para reflejar la necesidad de llevar a cabo una planificación urbana para las áreas metropolitanas (actualmente sólo lo llevan a cabo los municipios) y de fomentar la planificación urbana a través de todos los niveles de gobierno. Las enmiendas se han discutido en tres foros regionales.

Además del FONDEN que se centra principalmente en infraestructura, el Gobierno de México tiene varios programas que proporcionan alivio después de los desastres y apoyo a la recuperación de hogares y pequeños agricultores. Por ejemplo, el Programa de Empleo Temporal Inmediato de la SEDESOL cubre unos 100,000 hogares y proporciona empleo temporal después de desastres naturales y proporcionando de esta manera, dinero en efectivo a las familias afectadas. Bajo el PPD aprobado en 2012, la SEDESOL continuó fortaleciendo este Programa a través de la emisión de nuevas Reglas de Operación para orientarlo hacia la financiación de proyectos locales de prevención de desastres. El Gobierno también utiliza otros vehículos, tales como las transferencias monetarias condicionadas y programas de asistencia agrícola para promover la acumulación de activos de los pobres y construir resiliencia a largo plazo ante los choques. Asimismo, del Programa Hábitat orientado a la reducción de la pobreza en las zonas urbanas, apoya acciones de prevención y mitigación para reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos. Hábitat era coordinado por la SEDESOL, y actualmente opera bajo la SEDATU, como consecuencia de la reestructuración gubernamental 2013-2018. Si bien esta sección no pretende ofrecer una revisión exhaustiva de todas las políticas y programas nacionales, se analiza un conjunto selecto de los mecanismos pertinentes y la manera en que han afectado a las familias pobres en zonas rurales y urbanas.

4.2.2 Medidas de políticas relevantes convenidas bajo el Préstamo para Políticas de Desarrollo, Área de política 2: Fortalecer la resiliencia social a través de la reducción de riesgo de desastres orientada a nivel municipal

Con el PPD 2012 sobre la Resiliencia Social, se acordaron acciones para enfrentar tanto el reto a corto plazo de respuesta de riesgo de desastres, como los retos de más largo plazo sobre prevención de riesgos a través del desarrollo urbano sustentable. En términos del manejo directo de la reducción de desastres, la SEDESOL acordó fortalecer la prestación de acciones de reducción de riesgo en los municipios a través de (i) la creación del Programa para la Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH), que ofrece financiamiento para acciones de reducción de riesgo a los municipios; y (ii) la emisión de reglas de operación del Programa de Empleo Temporal (PET) para el ejercicio fiscal 2011, a fin de orientarlo hacia la financiación de proyectos locales de prevención de desastres. En cuanto al desarrollo urbano sustentable, la SEDESOL introdujo lineamientos destinados a fomentar el desarrollo territorial urbano sustentable y mayor resiliencia social. Estas directrices han sido incorporadas por las instituciones de vivienda, como CONAVI con su programa de subsidio *Esta es tu casa*, e INFONAVIT con sus criterios de originación de créditos hipotecarios.

4.2.3 Desafíos y opciones actuales para la reducción de riesgos de desastres a nivel municipal

Mientras que el Gobierno Federal de México cuenta con una gama de iniciativas para el fortalecimiento de la reducción de desastres y la promoción del desarrollo urbano sustentable, siguen existiendo importantes limitaciones en la capacidad de los gobiernos municipales para adoptar estos enfoques. El PECC 2009-2012 (Programa Especial para Cambio Climático) identificó el manejo de riesgo de desastres como un área clave de acción para la adaptación e hizo un llamado al cambio de la preparación y respuesta ante emergencias de desastres, hacia un enfoque proactivo de manejo integral de riesgos que considerara prioritaria la reducción de la vulnerabilidad. Específicamente, definía el objetivo de

establecer un sistema nacional integral de gestión de riesgo de desastres que sirviera como una plataforma transversal para incorporar la reducción de riesgo dentro de las estrategias/sistemas nacionales pertinentes relacionadas con: protección civil, urbanismo, protección costera, desarrollo y planificación ecológica. Mientras que se han hecho progresos significativos a nivel federal para poner en marcha los instrumentos necesarios para dicho sistema, aún queda mucho trabajo por hacer a nivel municipal. *Por lo tanto, el aumento del apoyo financiero y técnico para la reducción de desastres debe estar dirigido a los municipios más vulnerables identificados en este informe, a fin de garantizar una cobertura completa y el uso de los instrumentos de gestión de desastres disponibles.*

Un desafío clave para la reducción del riesgo de desastres a largo plazo es promover el desarrollo urbano sustentable y resiliente manteniendo los beneficios logrados en el sector de la vivienda. Las políticas urbanas y de vivienda que promueven las ciudades sustentables son una de las opciones sin efectos negativos que deberían promoverse energicamente, ya que proporcionan beneficios con o sin cambio climático. El concepto de “gestión adaptativa” (como se define en el World Development Report 2010) es un enfoque para guiar la intervención frente a la incertidumbre: el principio básico es que las acciones de la administración deben ser informadas por el aprendizaje explícito a partir de los experimentos de políticas y por el uso de información científica, dando seguimiento a los resultados de estas intervenciones y desarrollando nuevas prácticas. La gestión adaptativa coloca las decisiones a la escala de los procesos y contextos ecológicos y tiene un horizonte de planificación a largo plazo. Cada vez más, las autoridades federales como la SEDATU y los gobiernos estatales como Quintana Roo están incorporando principios de gestión adaptativa en sus programas de apoyo y planificación. Sin embargo, el reto de equilibrar el desarrollo urbano sustentable con la satisfacción de la demanda de vivienda tendrá que ser resuelto en última instancia por los gobiernos municipales. *Por lo tanto, será esencial estimular el interés y la capacidad municipal para incorporar los principios de gestión adaptativa en los planes municipales y en la práctica de planificación urbana.*

4.3 Proteger el bienestar de los hogares de los impactos del cambio climático

La relación observada entre los indicadores de bienestar humano a nivel de hogares, como la nutrición y la pobreza patrimonial, y las proyecciones de cambio climático podrían tener importantes implicaciones de política. Este informe muestra que hay una relación potencial entre la desnutrición infantil en zonas rurales y el cambio climático para el período 2030 y 2039. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la desnutrición infantil rural podrá variar según la región, con posibles incrementos en los municipios rurales de Guanajuato y Quintana Roo que ya presentan altos índices de desnutrición infantil. También es posible que los impactos del cambio climático reduzcan la tasa de reducción de pobreza del hogar. Una vez se tome en cuenta cambio climático, la pobreza patrimonial baja de 49.4% en 2005 a 17.68% en 2030. Mientras que la mayor densidad poblacional y crecimiento económico reducen la pobreza, el cambio climático frena el ritmo de reducción de pobreza en 2.4 puntos porcentuales, lo que significa que 2.9 millones de personas permanecerán en situación de pobreza. Estos resultados sugieren que se tendrá que prestar mayor atención al diseño e implementación de redes de seguridad social y seguros, junto con su papel en ayudar a la recuperación del hogar y aliviar el consumo después de choques climáticos. Esta sección analiza algunos de los principales programas que operan actualmente para hacer frente a choques climáticos, como el Programa de Prevención y Manejo de Riesgos de SAGARPA, así como programas que priorizan la reducción de la desnutrición y la pobreza, tales como *Oportunidades*.

4.3.1 Programas actuales para proteger el bienestar de los hogares

Los programas principales analizados en esta sección incluyen el Programa de Prevención y Manejo de Riesgos de SAGARPA, que está diseñado específicamente para proporcionar seguros configurados según el clima a los agricultores afectados por choques climáticos, y *Oportunidades*, que es un programa de transferencias monetarias condicionadas (TMC) que apoya la nutrición de las familias. Para *Opor-*

tunidades se presentan algunos resultados preliminares de un análisis original sobre el papel del Programa en aliviar el consumo, siguiendo patrones de lluvia adversos. Asimismo, se señala brevemente el papel de otros programas que se enfocan directamente en la desnutrición rural como LICONSA y DICONSA.

a. Programa de Prevención y Manejo de Riesgos: el programa de emergencias climáticas para los hogares agrícolas La SAGARPA administra el Programa de Prevención y Manejo de Riesgos que cubrió a 2.18 millones agricultores pobres en 2011 contra pérdidas de cosechas catastróficas causadas por fenómenos naturales. A la fecha, el Programa cuenta con uno de los mayores seguros de índice climático del mundo. El seguro de índice fue introducido por la SAGARPA en 2003 para apoyar a pequeños agricultores que se veían afectados por choques climáticos, especialmente por la sequía. AGROASEMEX ofrece el seguro y la prima es totalmente pagada por el gobierno. Un estudio sobre el Programa (Fuchs y Wolff 2010) señaló que los municipios cubiertos por el seguro habían aumentado los rendimientos de maíz en un 6% en comparación con aquellos sin seguro. Además, el estudio encontró que la cobertura del seguro se asociaba significativamente con un mayor gasto e ingresos reales per cápita de los hogares entre 2002 y 2008. No obstante, el mismo estudio indicó que los más pobres no se estaban beneficiando de este Programa.

b. El papel único de Oportunidades

Si bien no está diseñado como un instrumento de respuesta ante desastres, hay algunas pruebas preliminares de que Oportunidades ha ayudado a proteger el consumo de los hogares ante choques climáticos. El Programa *Oportunidades* actualmente beneficia 5.8 millones de familias y ayuda a reducir la pobreza mediante la creación de activos de largo plazo y transferencia de dinero a las familias. También ayuda a los pobres a hacer frente a los choques, proporcionándoles una fuente independiente de ingresos en tiempos de crisis, que puede ser recargado o extenderse a nuevos beneficiarios con dinero adicional. El apoyo alimentario y las transferencias monetarias precisas y oportunas pueden estabilizar el consumo y evitar la desnutrición a raíz de los desastres,

y proteger indirectamente las expectativas de vida y la educación de los niños afectados. Skoufias y Vinha (2010) encontraron que las transferencias monetarias ayudaron a compensar un aumento esperado de desnutrición infantil (<3 años de edad) tras eventos climáticos extremos en zonas rurales de México en el año 2002.

Redes de seguridad como Oportunidades también pueden prevenir que las familias retiren a los niños de la escuela o que agoten sus activos productivos. En México, las transferencias que llegaron a los hogares rurales en el centro de México impidieron que los niños dejaran la escuela después de los desastres naturales entre noviembre de 1998 y mayo de 2000. De Janvry et al. (2006) demostraron que los desastres naturales reducen en 3.4% la probabilidad que un niño se inscriba a la escuela al momento del choque, y reducen alrededor de 3.8% de probabilidad acumulada en el siguiente calendario escolar. La protección de las inscripciones escolares también impidió efectos a largo plazo en la educación, ya que los niños que abandonaron la escuela después de la catástrofe tuvieron un 11% menos probabilidad de asistir a la escuela el siguiente semestre. Sin embargo, la transferencia de ingresos no pudo evitar el aumento en el uso de trabajo infantil en respuesta a los desastres (de lo cual los autores también encontraron evidencia).

A pesar de que tanto los hogares beneficiarios de Oportunidades como los no beneficiarios sufren pérdida de ingresos y consumo, el efecto incremental de la transferencia del Programa en lo hogares beneficiarios, de alrededor de 22%, no es suficiente para cubrir las pérdidas ocasionadas por los choques (1998-2000) (De Janvry et al. 2006). El papel de Oportunidades en regular el consumo durante las crisis climáticas se investigó para los propósitos de este informe. Este análisis original examinó si los choques de lluvias afectaban el consumo de los hogares en las zonas rurales de México Central, y si Oportunidades había sido eficaz en proteger a los hogares en el corto y largo plazo. Para responder a ambas preguntas el estudio analizó un grupo de familias rurales en el centro del país, quienes después de ser entrevistadas inicialmente en 1997 sufrieron choques y a

cuyas condiciones de vida se ha dado seguimiento durante más de una década.

El análisis preliminar de los datos mostró que Oportunidades tuvo un efecto positivo en la protección de los hogares contra los impactos del clima. Para cada uno de los períodos examinados (1998-2000, 2000-2003, 2003-2007) los hogares participantes en Oportunidades mostraron significativamente mayor consumo de alimentos, incluso en presencia de choques de sequías e inundaciones. Entre 1998 y 2007 el consumo promedio de los hogares beneficiarios del Programa Oportunidades fue de 9% más que el de los hogares no beneficiarios. Al incorporar choques climáticos, estimados a partir del Índice Estandarizado de Precipitación —el cual permite generar rangos y niveles para definir la magnitud de los choques de sequía e inundación— los hogares beneficiarios presentaron una mayor reticencia del consumo en ciertas temporadas relacionadas con el ciclo agrícola.

En particular, cuando los hogares sufrieron una exposición a inundaciones extremas, el Programa Oportunidades fungió como un mecanismo de protección social tanto para el consumo alimentario como para el consumo total dentro del periodo de canícula. El Programa logró que los hogares beneficiarios expuestos a este choque contasen con 10.4% más de consumo alimentario y 12.3% más de consumo total, en comparación con hogares no beneficiarios expuestos al mismo choque.

Las sequías extremas también impusieron un alto costo al consumo de los hogares. Estos perjuicios se manifestaron estadísticamente en los periodos de canícula (sólo consumo alimentario) y post-canícula (alimentario y total). El consumo alimentario de los hogares beneficiarios con este tipo de choque fue alrededor de 23 y 33 % más alto que los hogares no beneficiarios, para los periodos de canícula y post-canícula, respectivamente.

c. Otros programas enfocados en la desnutrición

Hay una gran variedad de otros programas gubernamentales enfocados directamente en la desnutrición del hogar y

el niño. El programa más antiguo en existencia es LICONSA, que proporciona la leche líquida y en polvo a precios subsidiados a los hogares pobres con el fin de salvaguardar la salud de los niños. Un programa complementario, DICONSA, fue creado en 1972 para distribuir alimentos básicos como maíz, frijoles, arroz y azúcar para personas que viven en comunidades marginadas (principalmente rurales). También hay una serie de programas administrados por el sistema nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF), incluyendo un programa de raciones de alimentos, un programa de asistencia alimentaria a familias, cocinas populares y unidades de servicios integrales, un programa de desayunos escolares y un programa de desayunos comunitarios (Gundersen et al., 2002). Como *Oportunidades*, estos programas no están diseñados para focalizar la atención a familias y hogares afectados por choques climáticos.

4.3.2 Medidas de políticas relevantes convenidas bajo el Préstamo para Políticas de Desarrollo, Área de Política 2: Mejorar el enfoque del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos.

Como parte del PPD, la SAGARPA ha decidido fortalecer y mejorar la focalización del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos para los agricultores de bajos ingresos, reduciendo el techo de la elegibilidad del pago de seguros de desastre y catástrofe. Esto permitirá a los pequeños productores beneficiarse potencialmente de los pagos del seguro. El éxito de esta mejora en la focalización se medirá por el aumento del área de superficie agrícola elegible cubierta por este Programa.

4.3.3 Retos y opciones de política actuales para proteger el bienestar de los hogares

El principal desafío en el futuro es que muchos de los programas enfocados a disminuir la desnutrición y apoyar los ingresos no están diseñados como mecanismos de respuesta ante desastres. Si bien este estudio proporciona evidencia del papel de *Oportunidades* en regular el consumo tras los choques de precipitación, es importante tener en cuenta que hay una serie de limitaciones para su funcionamiento como un instrumento de respuesta ante desastres. Los resultados preliminares de un estudio dirigido por el equipo de Protección Social del Banco Mundial en América Latina y el Caribe indican que para que *Oportunidades* fuese utilizado eficientemente para responder a desastres, serían necesarios ajustes para permitir una respuesta rápida y transitoria. *Con el fin de reforzar el papel de los programas de bienestar de los hogares y de respuesta ante desastres, las opciones para el futuro incluyen (i) pilotear un sistema de alerta temprana de seguridad alimentaria en los lugares más vulnerables que capture datos oportunos a nivel comunitario y municipal sobre asuntos como precios de alimentos y enfermedades relacionadas con la nutrición; (ii) continua evaluación de la eficacia y el papel del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos de SAGARPA y de Oportunidades en hacer frente a los impactos negativos sobre los aspectos fundamentales del bienestar de los hogares como el consumo y la desnutrición.*

Matriz de Actores Institucionales, Programas y Opciones de Política Claves para responder a los principales retos identificados en el informe

Conclusión	Instituciones	Programas y políticas relevantes	Acciones de política del PPD relevantes	Retos y opciones de política
Los análisis de riesgo de desastre a nivel municipal revelan que los municipios con el mayor riesgo están conformados por viviendas de bajos ingresos e infraestructura pública insuficiente, suelen tener perfiles socioeconómicos desfavorables y acceso limitado a los instrumentos de respuesta ante desastres	SEGOB, SEDESOL, SEDATU, Gobiernos estatales y municipales	<ul style="list-style-type: none"> i) Fondo específicos para atender (FONDEN) y prevenir (FOPREDEN) desastres ii) PETi provee empleo temporal a hogares afectados por desastres iii) Apoyo federal (DUIS) y legislación para promover el desarrollo urbano sustentable iv) Acciones de prevención y reducción de riesgos bajo el Programa Hábitat de la SEDATU 	<ul style="list-style-type: none"> (i) Programa de Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos (PRAH) (ii) Reglas de operación para el PETi para priorizar la prevención local de desastres (iii) Lineamientos de Desarrollo Urbano Sustentable integran subsidios federales de vivienda y programas hipotecarios 	<p><i>Reto:</i> Capacidad municipal limitada para combatir la expansión urbana y prevenir y manejar riesgos de manera proactiva</p> <p><i>Opciones de política:</i> Construir capacidad municipal para: i) Gestión urbana adaptativa centrada en la densificación ii) Gestión integral de riesgos de desastre de manera proactiva</p>
Mientras algunos estados experimentarán mayor vulnerabilidad en los medios de subsistencia rurales a nivel municipal, otros experimentarán una disminución de vulnerabilidad. Asimismo, habrá focos de mayor vulnerabilidad dentro de estados por lo demás resilientes, y focos de resiliencia en estados donde se espera un crecimiento de la vulnerabilidad general	SAGARPA, SEDESOL, SEMARNAT, Gobiernos estatales y municipales	<ul style="list-style-type: none"> i) Programas de SAGARPA para el desarrollo rural focalizan el apoyo a los agricultores pobres. ii) El PDZP representa un enfoque multisectorial para el desarrollo de las zonas rurales de mayor marginación iii) La Ley de Desarrollo Rural Sustentable facilita la coordinación entre las Secretarías involucradas en política rural a nivel federal, estatal y municipal 	<ul style="list-style-type: none"> (i) Un marco de Políticas de Adaptación a mediano plazo con medidas para reducir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad de adaptación local (ii) El Congreso aprobará un nuevo programa presupuestario para la Adaptación al Cambio Climático y la Prevención de Desastres Naturales para financiar las iniciativas de adaptación (iii) Convenio de coordinación general para una estrategia regional de adaptación al cambio climática firmada por los tres estados de la Península de Yucatán 	<p><i>Reto:</i> Integración de la adaptación dentro de las iniciativas de desarrollo rurales locales</p> <p><i>Opciones de política:</i> i) Focalizar los programas de desarrollo local y rural hacia las comunidades más vulnerables al clima ii) Desarrollar sistemas para incorporar los puntos de vista de los ciudadanos y el conocimiento indígena en las decisiones de adaptación</p>
El presente informe muestra que existe una relación potencial entre la desnutrición infantil y el cambio climático, con la desnutrición posiblemente incrementando en la mayoría de los municipios. También es posible que los impactos del cambio climático desaceleren la tasa de reducción de pobreza	SEDESOL, SAGARPA	<ul style="list-style-type: none"> i) El papel de <i>Oportunidades</i> en aliviar el consumo ii) El Programa de Prevención y Manejo de Riesgos de SAGARPA asegura a los productores contra pérdidas relacionadas con el clima iii) LICONSA y DICONSA se enfocan directamente en la desnutrición rural 	SAGARPA fortaleció y mejoró la focalización del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos hacia pequeños agricultores bajando los criterios de elegibilidad	<p><i>Reto:</i> Fortalecer las redes de seguridad para responder a los desastres naturales</p> <p><i>Opciones de política:</i> i) Invertir en sistemas de alerta temprana de seguridad alimentaria ii) Evaluación continua del papel del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos y <i>Oportunidades</i> en apoyar la recuperación de los hogares ante desastres</p>

4.4 Conclusiones

Aunque quedan por delante desafíos con respecto al aumento de la incidencia de desastres hidrometeorológicos, la vulnerabilidad de los medios de subsistencia rurales y los impactos potenciales del bienestar humano, es alentador observar que la arquitectura institucional necesaria para la adaptación al cambio climático ya está instalada a nivel federal. México avanza en varios aspectos de su política de adaptación al contar con muchas políticas innovadoras, programas y acciones, tales como seguros basados en índices climáticos, fondos destinados a la prevención y atención de desastres, y acuerdos descentralizados para el desarrollo rural y el fortalecimiento de los medios de subsistencia. Muchas de estas políticas y programas se han fortalecido aún más bajo la operación del Préstamo para Políticas de Desarrollo sobre el Fortalecimiento de la Resiliencia Social al Cambio Climático aprobado en marzo de 2012. Además,

México se ha convertido en el primer país en vías de desarrollo, el único en América Latina y el segundo en el mundo, en haber aprobado una Ley General de Cambio Climático, en vigor desde 2012. El principal desafío en el futuro será diseñar políticas, programas e instituciones que permitan responder a los impactos altamente localizados del cambio climático y la variabilidad. Hallazgos de este informe apuntan a posibles aumentos y disminuciones en la vulnerabilidad a la variabilidad climática, impulsadas tanto por la exposición como por las condiciones socioeconómicas locales. Mientras que el informe identifica los grupos de municipios cada vez más vulnerables dentro de ciertos estados y regiones del país, es evidente que los municipios vulnerables también pueden estar ubicados dentro de estados o regiones resilientes y viceversa. Esto sugiere la importancia de fortalecer la planificación municipal y la capacidad de ejecución para responder a desastres naturales y apoyar la adaptación de los medios de subsistencia rurales a más largo plazo.

Referencias



- Adger, w el. N. 2000. 'Social and ecological resilience: are they related?' *Progress in Human Geography* 24(3):347-364.
- Agrawal, A. 2010. 'Local institutions and adaptation to climate change' en Robin Mearns and Andrew Norton (eds.) *Social dimensions of Climate Change. Equity and vulnerability in a Warming World*. Banco Mundial: 173-197.
- Ahmed, S. A., Diffenbaugh, N. S. Hertel, T., M. W. 2009. 'Climate volatility deepens poverty vulnerability in developing countries'. *Environmental Research Letters*, 4, 034004.
- Alfaro, J., Sergio S. y Kerstin L. 2008. 'Sistematización del Análisis de Riesgos y Oportunidades (ARO)'. Mascafé, México. *AdapCC*. Julio-septiembre.
- Banco Mundial – Naciones Unidas. 2010. *Natural Hazards, Unnatural Disasters: The Economics of Effective Prevention*. a. Sanghi, A. de la Fuente, S. Ramachandran, M. Tonizzo y S. Sahin. Washington D.C.
- Banco Mundial. 2010. *Informe sobre desarrollo mundial 2010: Desarrollo y cambio climático*. Banco Mundial, Washington, D.C.
- _____. 2010. "Reducción de la pobreza, proteger los medios de subsistencia y construir activos en un clima cambiante: implicaciones sociales del cambio climático en América Latina y el Caribe". Verner, Dorte (ed.) *Evaluación de los impactos del cambio climático sobre la productividad agrícola y el comercio en América Latina (2020-2050)*, Washington D.C.: Banco Mundial
- _____. 2009. "Aspectos de cambio climático en la agricultura", Nota país de México, Washington, D.C.: Banco Mundial
- _____. 2005. *Hotspots de desastres naturales. Un análisis de riesgo global*. Banco Mundial, Washington, DC.
- _____. 2001. *Informe sobre Desarrollo Mundial 2002: Creación de instituciones para los mercados*. Washington D.C.: Oxford University Press.
- _____. 2000. *La calidad del crecimiento*. Nueva York: Oxford University Press.
- _____. 1994. *Gobernabilidad: La experiencia del Banco Mundial*. Banco Mundial, Washington, DC.
- _____. 1992. *Gobernabilidad y desarrollo*. Banco Mundial, Washington, DC.
- _____. 1991. *Gestión del desarrollo: La dimensión de la gobernabilidad*. Washington, D.C.: Banco Mundial, documento de debate, 25 de junio.
- Biasutti, M. et al. 2011. 'Projected Changes in the Physical Climate of the Mexican Gulf Coast and Caribbean'. Se publicará en *Climate Change Vol 1 2012*. Versión preliminar disponible en: <http://www.ideo.columbia.edu/~biasutti/papers/ClimaticChange.pdf>
- Bitrán, D., et al. 2002. 'Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2001'. *Centro Nacional de Prevención de Desastres, México: Secretaría de Gobernación*.
- Borja-Vega, Christian y Alejandro de la Fuente (2012). "Municipal Vulnerability to Climate Change and Climate-Related Events in Mexico." Documento de trabajo para el estudio: *The Social Dimensions of Climate Change in Mexico*. Banco Mundial, Washington, DC.
- Carpenter, G. 2006. 'Tropical Cyclone Review 2005'. *Instrat Briefing*. Enero. http://gcportal.guycarp.com/portal/Extranet/popup/pdf/GCBriefings/Tropical_Cyclone_Review_2005.pdf
- Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres, Universidad Católica de Lovaina. *Diario Oficial de la Federación*
- CEPAL, 2008. *Perdidas en los Sectores Económicos de México*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. http://www.eclac.cl/publicaciones/XML/3/33373/L864_parte_6_de_8.pdf
- Chambers, R. 1982. *Rural Development: Putting the Last First*. Londres: Longmans
- CONAGUA. 2007. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/PNHcapitulo3.pdf>
- CONAGUA. 2008. "Programa Nacional de Agua". SEMARNAT. Marzo, México.
- CONEVAL. 2008. 'Reporta CONEVAL cifras de pobreza por ingresos 2008'. *Comunicado de prensa no. 006/09*. México: CONEVAL.
- Cruz, Denisse, Alejandro de la Fuente y Juan Soriano. 2011. "Riesgo de Desastres a Nivel Municipal en México: Diagnóstico General y Correlación con Pobreza." Background paper for the study: *The Social Dimensions of Climate Change in Mexico*. Banco Mundial, Washington, DC.

- De Janvry, A., Frederico f, Elisabeth S. y V de Renos. 2006. 'Can conditional cash transfer programs serve as safety nets in keeping children at school and from working when exposed to shocks?' *Journal of Development Economics* Vol. 79 (2): 349– 373.
- De la Fuente, A. y R. Fuentes. 2010. 'The Impact of Natural Disasters on Children Morbidity in Rural Mexico' in Ricardo Fuentes and Papa Seck (eds.). *Risk, Vulnerability and Human Development: On the Brink*. Nueva York: Palgrave Macmillan.
- De la Fuente, Alejandro y Marcelo Olivera. 2012. "The Poverty Impacts of Climate Change in Mexico." Documento de trabajo para el estudio: *The Social Dimensions of Climate Change in Mexico*. Banco Mundial, Washington, DC.
- De la Fuente, Alejandro y Marcelo Olivera. 2012. "Climate Change, Rain Fed Maize Productivity and Malnutrition in Mexico." Background paper for the study: *The Social Dimensions of Climate Change in Mexico*. Banco Mundial, Washington, DC.
- Deschenes, O. y M. Greenstone. 2007. 'The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather'. *American Economic Review* 1: 354–85.
- Deepa N., Lant P. y Soumya, K. 2009. *Moving Out of Poverty. Success from the Bottom Up*. Banco Mundial, Washington, DC.
- Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la reducción de desastres (UNISDR), disponible en <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminologyeng%20home.htm> FAOSTAT. 2010. <http://faostat.fao.org>
- Fay, M. y Hrish, P. 2008. 'A simple index of vulnerability to climate change. Documento de referencia preparado para el informe del Banco Mundial. Washington DC
- Fiki, O.C. y Lee, B. 2004. 'Conflict Generation, Conflict Management, and Self-organizing capabilities under drought-prone rural communities in NE Nigeria'. *Diario de Desarrollo Social en África*. 19: 25-48.
- Fuchs, A. y Hendrik W. 2010. 'Drought and Retribution: Evidence from a Large Scale Rainfall-Indexed Insurance Program in Mexico'..
- García, V. y Parra, M. 2002. 'Desinventar y los registros sobre escasez de agua en México. 1970-2000'. *Nueva época*. México, D.F.: CIESA. 7, septiembre-diciembre 2002.
- Gundersen, C. & Yanez, M. & Valdés, C. & Kuhn, B.A. 2002. 'A Comparison of Food Assistance Programs in Mexico and the United States', *Food Assistance and Nutrition Research Reports* 33859, United States Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Heltberg, R. y Bonch-Osmolovskiy, M. 2011. Mapping Vulnerability to Climate Change. Policy Research Working Paper 5554. Banco Mundial.
- IMTA, 2009. 'Perspectivas de la Gestión del Agua en México al año 2025'. *IMTA-Estudios Prospectivos*. <http://SEMARNAT.Janium.net/Janium/documentos/48133.pdf>
- INE-SEMARNAT, 2007. *Mexico's Third Communication to the United Nation's Framework Convention on Climate Change*. INE-SEMARNAT.
- IPCC. 2001. 'Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the IPCC' en R.T Watson and Core Team (eds.), Cambridge: Cambridge University Press.
- Liverman, D.M. 2000. 'Adaptation to drought in Mexico' in Wilhite, D. (ed.) *Drought: A Global Assessment*. Nueva York. Routledge: 35-45.
- Luthar, S. S. y D. Cicchetti. 2000. 'The construct of resilience: implications for interventions and social policies'. *Development and Psychopathology* 12(4):857-885.
- Martínez, J. 2010. 'ABC de Cambio Climático: Impactos y Acciones en México' *Vulnerabilidad y Adaptación Disponibilidad de agua: Proyecciones al 2030*. México: INE-SEMARNAT.
- Martínez-Austria, P. F. 2007. 'Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México'. Morelos: IMTA, disponible en <http://www.imta.mx/gaceta/antiores/g07-11-2007/gaceta-imta-07.pdf>
- Martínez, J. y Fernández, A. 2004. *Cambio Climático: Una Visión desde México*. México: INE-SEMARNAT.
- Mendelsohn, Dinar A. 2000. 'Efficient adaptation to climate change', *Climate Change*, No. 45: 583-600.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human well-being. Our human Planet*. Washington DC: Island Press.

- Murray, Peter A. Sin fecha. *Climate Change, Marine Ecosystems and Fisheries: Some possible interactions in the Eastern Caribbean*. Unidad de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la OECS.
- D Narayan, Pritchett L y S. Kapoor. 2009. *Moving Out of Poverty – Success from the Bottom-Up*. Banco Mundial, Washington, DC.
- Nyong, A., Adesina, F. y E. Osman B. 2007. 'The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel'. *Mitigation Adaptation Strategy Global Change* 12:787-797.
- OCDE. 2007. *OECD Rural Policy Reviews - Mexico*. París: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico.
- Olivera, M. y A. de la Fuente. 2011. 'Climate Change, Rain Fed Maize Productivity and Agricultural Subsidies in Mexico'. Documento de antecedentes para el análisis de la pobreza y el impacto social en la construcción de resiliencia de los pobres ante el desastre y riesgo climático en México.
- Peralta-Hernández, A.R. et al. 2009. 'Comparative Analysis of indices of extreme rainfall events: variations and trends from southern Mexico'. *Atmosfera* 22 (2): 219-228.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. 2011. *Informe sobre desarrollo humano 2011: Sostenibilidad y equidad. Un futuro mejor para todos*. Nueva York: PNUD.
- Rodríguez-Oreggia et al. 2012. 'The Impact of Natural Disasters on Human Development and Poverty at the Municipal Level in Mexico', *Journal of Development Studies*.
- Schreider, G. and Knerr, B. 2000. 'Labour migration as a social security mechanism for smallholder household in Sub-Saharan Africa: the case of Cameroon' *Oxford Development Studies*. 28 (2): 223-237.
- Schroth, G. et. al. 2009. 'Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico'. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 14 (7): 605-625.
- Skoufias, E. 2003. 'Poverty Alleviation and Consumption Smoothing: Evidence from PROGRESA in Mexico'. Banco Mundial, Washington, DC.
- Skoufias, E. y Katja Vinha. 2010. 'The Impacts of Climate Variability on Household Welfare in Rural Mexico'. Banco Mundial, Washington, DC.
- Skoufias, E. y Katja Vinha. 2011. 'Climate Variability and Child Height in Rural Mexico' *Economics and Human Biology*.
- Skoufias, E., M. Rabassa y S. Olivieri. 2011. 'The Poverty Impacts of Climate Change. A Review of the Evidence'. World Bank. Policy Research Working Paper #5622.
- Tompkins, E.L. y W. Adger N. 2004. 'Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change?' *Ecology and Society* 9(2): 10.
- Wilder, M. y P.R. Lankao. 2006. 'Paradoxes of decentralization: Water reform and social implications in Mexico'. *World Development* 34: 1977-1995.
- Zapata-Martí, Ricardo. 2006. 'Los efectos de los desastres en 2004 y 2005: la necesidad de adaptación de largo plazo. Punto Focal de Evaluación de Desastres'. México: CEPAL.

Anexos



Anexo A: Glosario de términos

Amenaza: Un acontecimiento físico potencialmente perjudicial, fenómeno y/o actividad humana que puede causar la pérdida de vida o lesiones, daños a la propiedad, perturbación social y económico o degradación ambiental (UNISDR).

Amenazas hidrometeorológicas: proceso o fenómeno de naturaleza atmosférica, hidrológica u oceanográfica que puede causar la pérdida de la vida, lesiones u otros impactos sobre la salud, daños a la propiedad, pérdida de medios de subsistencia y servicios, perturbación social y económica o daños medioambientales (UNISDR).

Bienestar: múltiples aspectos constituyen el bienestar humano, incluyendo material básico para gozar de una buena calidad de vida, libertad para elegir actuar, salud, buenas relaciones sociales y seguridad. El bienestar se encuentra en el extremo opuesto del continuo de la pobreza, la cual se ha definido como una "pronunciada privación de bienestar". Los aspectos que constituyen el bienestar, tal y como son experimentados y percibidos por las personas, dependen de situaciones, reflejando la geografía local y las circunstancias culturales y ecológicas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Para este estudio fueron considerados indicadores de nutrición, pobreza, salud y educación (como indicadores básicos del desarrollo humano).

Cambio climático: una variación estadísticamente significativa ya sea en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste por un período prolongado (normalmente décadas o más tiempo). El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo (IPCC).

Capacidad de adaptación: grado en que los ajustes en las prácticas, procesos o estructuras pueden moderar o compensar el potencial de daño o bien aprovechar las oportunidades creadas por un cambio determinado en el clima (IPCC 2001). La capacidad de adaptación es un controlador endógeno de la vulnerabilidad. Para este estudio, se utilizaron los siguientes indicadores de capacidad de adaptación: pertenencia a organizacio-

nes de agricultores, remesas, lejanía, asistencia para desastres.

Desarrollo humano: se refiere a expandir las opciones de las personas y se basa en los recursos naturales compartidos. Promover el desarrollo humano requiere abordar la sustentabilidad — local, nacional y global. El índice de desarrollo humano tiene tres dimensiones (salud, educación y nivel de vida) y cuatro indicadores dentro de éstos (esperanza de vida al nacer, promedio de años de escolaridad, años de escolaridad esperados y el PNB per cápita) (PNUD 2011).

Eventos climáticos extremos: un evento que es raro dentro de su distribución estadística de referencia en un lugar determinado. Un evento climático extremo es una media de una serie de fenómenos meteorológicos durante un cierto periodo de tiempo, un promedio que es extremo en si mismo (IPCC).

Exposición: el carácter, magnitud y tasa de variación de clima al que está expuesto un sistema. La exposición es un motor exógeno de vulnerabilidad (IPCC). Para este estudio, se utilizaron los siguientes indicadores de exposición: área de superficie agrícola, variación en la temperatura y variación en la precipitación.

Gestión adaptativa: un enfoque que pretende mejorar la capacidad de tomar decisiones bajo la incertidumbre, utilizando información científica existente y el aprendizaje de experimentos de política, y que posiciona las decisiones con la escala de procesos y contextos ecológicos, teniendo un horizonte de planificación a largo plazo (Banco Mundial, 2010).

Gestión de desastres: estrategias que se centran en reducir o mejorar los efectos adversos de uno o más eventos naturales de riesgo (Banco Mundial, 2005).

Gobernabilidad: el proceso por el cual se ejerce la autoridad en el manejo de recursos económicos y sociales de un país para el desarrollo; y la capacidad de los gobiernos para diseñar, formular y aplicar políticas y desempeñar funciones (Banco Mundial 1991 1992 1994; Banco Mundial 2000a).

Pobreza alimentaria: insuficiencia de ingresos para comprar la canasta de alimentos, incluso si la cantidad total de

los ingresos se utiliza exclusivamente para comprar esos productos según la metodología establecida para definir las líneas de pobreza por ingresos por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) del Gobierno de México.

Pobreza de capacidades: insuficiencia de ingresos para comprar la canasta de alimentos y cubrir los gastos en salud y educación, aunque la cantidad total de los ingresos se utiliza exclusivamente para comprar esos bienes y servicios - según la metodología establecida para definir las líneas de pobreza por ingresos por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) del Gobierno de México.

Pobreza de patrimonio: insuficiencia de ingresos para comprar la canasta de alimentos, así como para cubrir gastos de salud, vestido, vivienda, transporte y educación, aunque la cantidad total de los ingresos se utiliza exclusivamente para comprar esos bienes y servicios - según la metodología establecida para definir las líneas de pobreza por ingresos por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) del Gobierno de México.

Resiliencia social: la capacidad de adaptación positiva a pesar de la adversidad (Luthar y Cicchetti 2000, citado en Tompkins y Adger, 2004). En el contexto del cambio climático, es la capacidad de adaptación de grupos o comunidades frente a tensiones ambientales (Adger, 2000).

Riesgo de vulnerabilidad: una función de la intensidad de la amenaza, el daño potencial a las estructuras, y el costo de reparar esas estructuras.

Riesgo: la probabilidad de consecuencias perjudiciales o pérdidas esperadas (muertes, lesiones, propiedad, medios de subsistencia, actividad económica perturbada o ambiente dañado) que resulta de las interacciones entre amenazas naturales o inducidos por humanos y condiciones vulnerables. Convencionalmente, el riesgo es expresado por la notación $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ (UNISDR).

Riesgos naturales: eventos naturales que provocan una perturbación en el funcionamiento del sistema económico, con un impacto negativo significativo en activos, factores de producción, resultados de producción, empleo o

consumo. Ejemplos de tales eventos naturales son terremotos, tormentas, huracanes, precipitaciones intensas, sequías, olas de calor, olas de frío y tempestades (Banco Mundial, 2010).

Sensibilidad: la medida en que un sistema será impactado o responderá al cambio climático y es básicamente el elemento biofísico de la vulnerabilidad que también puede verse afectado por factores socio-económicos (por ejemplo dependencia de recursos naturales) (IPCC, 2001). La sensibilidad es un motor endógeno de la vulnerabilidad. Para este estudio, se utilizaron los siguientes indicadores de sensibilidad: pobreza alimentaria, cobertura de riego para la producción de maíz, población agrícola.

Variabilidad climática: variaciones en el estado medio y otras estadísticas (por ejemplo, desviaciones estándar, la ocurrencia de extremos, etcétera.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales más allá de aquellas de los fenómenos meteorológicos individuales. La variabilidad se puede deber a procesos internos naturales dentro del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones en el forzamiento externo natural o antropogénico (variabilidad externa) (IPCC). Los indicadores utilizados para este estudio incluyen: grados-días de cultivo (GDD-Temp), el coeficiente de variación de la lluvia (CVR), número total de días de helada ($<10^\circ \text{C}$), el número de días con lluvia por encima de 10 mm, el número máximo de días secos consecutivos y el porcentaje de lluvia por arriba del alto percentil de 95. Estos indicadores son bien aceptados y definidos por la literatura para México (Peralta et al. 2009; Biasutti et al. 2011).

Vulnerabilidad: la medida en que el cambio climático podría dañar o perjudicar los sistemas sociales o medioambientales (IPCC, 2001). Un conjunto de condiciones y procesos resultantes de factores físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas. Asimismo, el grado de pérdida de un elemento en riesgo en el caso de que ocurra una amenaza de cierta gravedad (UNISDR).

Anexo B: Pasos para construir el índice de vulnerabilidad de cambio climático

El algoritmo utilizado para la construcción de índices de vulnerabilidad en este trabajo sigue aplicaciones similares a las de Cutter, Boruff y Shirley (2003) y Schmidtlein et al. (2007). Primero, se basa en la inclusión de la normalización de datos para las variables de entrada y las puntuaciones finales del índice. Los cálculos se llevaron a cabo siguiendo estos pasos:

1. Estandarizar todas las variables de entrada para la media 0 y la desviación estándar 1
2. Realizar el ACP con las variables de entrada estándar con las siguientes variables principales/de base (todas las variables agregadas a nivel municipal):
Área total de superficie agrícola [ha], temperatura media (1960-2005; y pronosticada 2005-2045, promedio de precipitación (pasada 1960-2005; y pronosticada 2005-2045), escenarios pasados y futuros de variabilidad de temperatura (9 modelos climáticos, ver el documento anexo), indicadores pasados y futuros de variabilidad de precipitación (9 modelos climáticos, ver el documento anexo), pobreza alimentaria, porcentaje de producción de maíz en regadío, % de la población en actividades agrícolas, % de agricultores que pertenecen a organizaciones, % agricultores perceptores de remesas, distancia entre el centro del municipio y la carretera (km), asistencia federal de desastres per cápita (\$).
3. Girar (varimax) la solución inicial y construir la matriz de pesos. [Las ponderaciones se mantienen en condiciones basales para permitir una relación estructural para realizar predicciones].
4. Ordenar y seleccionar los principales componentes de la matriz resultantes de la forma en que pueden influir en la vulnerabilidad en tres dimensiones y asignar valores propios a los componentes respectivamente. [Se utilizó un producto de las cargas de cada variable en cada factor para determinar si los altos niveles de un factor dado tienden a aumentar o disminuir la vulnerabilidad.]
5. Debido a que ACP es un método sensible a los valores de las variables de entrada, el paso de estandarización

de datos es necesario para que todas las variables tengan la misma magnitud. Con el conjunto de datos estandarizado, se puede realizar el ACP en el segundo paso. Produce un conjunto de componentes ortogonales que son combinaciones lineales de las variables originales. Por la construcción, el primer componente es la combinación lineal que explica la mayor variación entre las variables originales, el segundo componente explica la mayor variación restante y así sucesivamente.

6. Basándose en los resultados del ACP realizado, seleccionar un subconjunto parsimonioso de componentes que explique de la mejor manera posible el conjunto de datos subyacente. [No se delimitó el índice con límites superior e inferior para permitir la evaluación total de la vulnerabilidad]
7. Llevar a cabo la sensibilidad con rotación Varimax y se suman los componentes interpretados con ponderaciones iguales para verificar que el índice no varía sustancialmente.
8. Realizar los mismos pasos para las predicciones mediante datos de predicción de la unidad de cambio climático (con peso estructural desde la base)
9. La sensibilidad de este enfoque para crear índices de vulnerabilidad se llevó a cabo en dos fases principales.
 - a. Reemplazar las variables incluidas en el ACP por otras variables representativas que puedan proporcionar resultados similares en cuanto a niveles y distribución del índice.
 - b. Se calculó la correlación entre los índices de los condados para determinar con cuánta precisión el índice construido con el subconjunto de variables correspondía al índice con todo el conjunto de variables sociales.

Escenarios y modelos climáticos utilizados

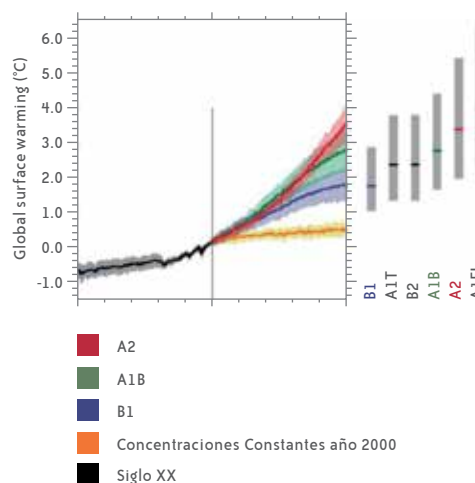
Los modelos climáticos globales (MCG) se aplican ampliamente en meteorología, comprender el clima y proyectar el cambio climático. Los modelos están diseñados para realizar

predicciones climáticas proyectadas a décadas y siglos, contienen varias ecuaciones de pronósticos que se adelantan en el tiempo (típicamente: vientos, temperatura, humedad y presión superficial) junto con un número de ecuaciones diagnósticas que se evalúan a partir de los valores simultáneos de las variables. Las predicciones también se basan en las resoluciones de las secciones del mundo. En el caso de México, el INEGI construye cuadrículas de mayor resolución, en comparación con otros países, los modelos HadGEM1 y ECHAM utilizan cuadrículas con una resolución más alta en los trópicos para ayudar a resolver los procesos de transformación entre el espacio espectral y el punto de cuadrícula (mayor precisión local). Los modelos más ampliamente aceptados en México para la predicción climática son ECHAM y HADGEM (2030) (UNAM, 2010), que fueron utilizados para estimar la CCVI y, posteriormente, poder comparar los resultados con las predicciones climáticas de los 9 modelos para verificar la robustez y calibración. El índice divulgado en este documento contiene los 9 modelos de predicción (2045-2065) ya que los controles de calibración y robustez solo mostraban ligeras diferencias en la distribución del índice a través de los municipios. Sin embargo, los 9 modelos de predicción ofrecen escenarios de predicción climática más detallados. Por esa razón, solamente divulgamos el índice construido con los 9 modelos de predicción.

Para el escenario de emisiones de escenarios de cambio en 2045 utiliza el escenario A2, porque es en el extremo superior de la IE y captura mejor los cambios en la adaptación y el cambio climático. Los beneficios de utilizar otro tipo de escenario yacen en la capacidad para capturar las ligeras modificaciones del cambio climático en los escenarios extremos inferiores que son computacionalmente intensos y ofrecen poco valor añadido al índice. Potencialmente, un escenario de bajas emisiones da menos información desde el punto de vista del impacto y adaptación. Además, la trayectoria real actual de las emisiones (1990 al presente) corresponde a un escenario de emisiones relativamente altas.¹³

13 Este escenario considera los siguientes niveles de emisiones que alteran el clima (temperatura y precipitación). Se proyecta que las emisiones acumuladas de CO₂ durante la mitad y el final del siglo XXI serán superiores a 600 y 1850 GtC respectivamente y las concentraciones de CO₂ esperadas (en partes por millón, ppm) durante la mitad y al final del siglo XXI en este escenario serán de unos 575

Promedios Multi-modelo y evaluados
Rangos de calentamiento de la superficie



Fuente: <http://www.narccap.ucar.edu/about/emissions.html>

Para las predicciones climáticas, se utilizaron varios modelos¹⁴:

Nueve modelos utilizados para construir el índice

CGCM3.1 (2045-2065): CGCM3.1 se ejecuta en dos resoluciones diferentes, con dos niveles de exactitud de las predicciones. La versión de T47 (utilizada en nuestras estimaciones) tiene una red superficial cuya resolución espacial es de aproximadamente 3.75 grados lat/lon y 31 niveles en la vertical. Esto se ajusta bien a las áreas litorales de México, pero presenta una exactitud limitada en las regiones centrales. La cuadrícula del océano comparte la misma máscara de tierra que la atmósfera, pero tiene cuatro celdas de cuadrícula de océano subyacente a cada cuadrícula atmosférica. La resolución del océano en este caso es de aproximadamente 1.85 grados, con 29 niveles en la vertical. La versión T63 tie-

y 870 ppm, respectivamente. La actual concentración de CO₂ es de alrededor de 380 ppm. Los aumentos de metano y óxido nitroso avanzan rápidamente durante el siglo XXI. El dióxido de azufre aumenta hasta un valor máximo justo antes de 2050 (105 MtS/año) y luego disminuye en la segunda mitad del siglo (60 MtS/año para el año 2100).

14 Escenarios utilizados con estos modelos: 20c3m SRESa2 SRESb1 (IPSL no tiene datos para el futuro lejano con el experimento SRESB1).

ne una red superficial cuya resolución espacial es de más o menos 2.8 grados lat/lon y 31 niveles en la vertical. Como se mencionó antes, la cuadrícula del océano comparte la misma máscara de tierra que la atmósfera, pero en este caso tiene seis celdas de cuadrícula de océano subyacentes a cada cuadrícula atmosférica. La resolución del océano es de aproximadamente 1.4 grados de longitud y 0.94 grados de latitud. Esto proporciona una resolución de corrientes zonales en el trópico meridional ligeramente mejor, más resolución casi isotrópica en latitudes centrales y problemas reducidos en cierto grado con meridianos convergentes en el Ártico.

CNRM-CM3 (2045-2065): este modelo proporciona resoluciones similares de los modelos mencionados pero presenta un sesgo hacia el frío en la mayoría de los trópicos. Este modelo sobrestima los flujos de corriente durante el verano; lo opuesto ocurre durante el invierno en las Américas [Saurral y Barros, 2009]. Aunque para el continente americano el modelo muestra algunas deficiencias en la representación del ciclo del agua en toda la región, las validaciones de los campos de temperatura y precipitaciones son relativamente precisas para el hemisferio norte de las Américas.

CSIRO-Mk3.5 (2045-2065): modelo creado por el Centro Australiano para la Investigación del Clima que utiliza modelo un marco dinámico del modelo atmosférico que se basa en el modelo espectral con las ecuaciones en la forma de flujo que conserva las variables previstas. La aplicación de este modelo se utiliza mucho en las simulaciones de cambio climático a largo plazo. Las mejoras más significativas se derivan del uso de un conjunto de parámetros más realista físicamente para representar cómo transportan calor y agua dulce los remolinos oceánicos. También cuenta con una circulación y estratificación considerablemente más realista en el océano Antártico que afecta la precisión de las estimaciones de temperatura y precipitación durante el otoño y el invierno.

GFDL-CM2.0 & GFDL-CM2.1 (2 modelos) (2045-2065): se trata de un modelo acoplado de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) desarrollado en el laboratorio de dinámica de fluidos geofísicos de la NOAA en los Estados Unidos. Es uno de los principales modelos climá-

ticos utilizados en el cuarto informe de evaluación del IPCC. El componente atmosférico de los modelos CM2.X es un ambiente de 24 niveles ejecutado a una resolución de 2 grados en dirección este-oeste y 2.5 grados en dirección norte-sur. Esta resolución es suficiente para resolver los ciclones grandes de latitudes medias responsables de la variabilidad del clima. Sin embargo, resulta demasiado desigual para resolver procesos tales como brotes de tormentas intensas o huracanes. La inclusión de este modelo como parte de las estimaciones de los 9 modelos de predicción es útil para incorporar brotes intensos.

IPSL-CM4 (2045-2065): uno de los objetivos de la modelación IPSL es estudiar cómo estos acoplamientos diferentes pueden modular el clima y la variabilidad climática y determinar de qué manera las regeneraciones en el sistema de la Tierra controlan la respuesta del clima a una perturbación tal como las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero. Se trata de un modelado relativamente simple que consta de cuatro variables atmosféricas pronósticas: a) componentes de viento hacia el norte y hacia el este, b) temperatura, c) disponibilidad de agua, d) presión de la superficie. Los datos utilizados en este modelo requieren que el período de tiempo comprenda entre 1961 y 1990, para la precipitación y temperatura, que son datos que figuran en nuestro conjunto de datos para cada municipio en México sobre una base semanal.

ECHO-G: es un modelo híbrido acoplado que utiliza los modelos ECHAM4 atmósfera y HOPE océano. El modelo contiene una simulación de control, que permite simular 1000 años con forzamiento externo constante. El modelo es capaz de simular la climatología no convencional, lo cual es consistente con otros modelos similares con modulación ajustada del flujo en clima y gradientes, aunque el ajuste del flujo no garantiza una simulación más exacta [Latif et al., 2001; AchutaRao y Sperber, 2002; Davey et al., 2002].

ECHAM5/MPI-OM: Esta es la última versión del modelo ECHAM. ECHAM5 puede albergar submodelos que van más allá de los procesos meteorológicos de un MCM. El modelo puede ser utilizado en modos especiales. Este modelo se ejecuta mejor si se realiza a nivel mundial, aunque

tiene algunos sesgos en ciertas regiones árticas, lo que lo convierte en uno de los modelos más consistentes para las áreas tropicales y subtropicales (Connotar, W. y Bracegirdle, T., 2007)

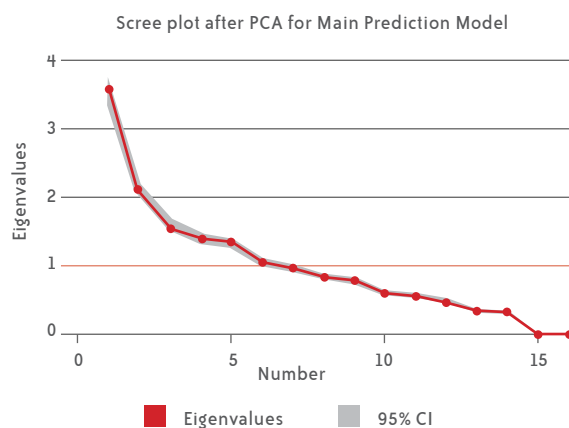
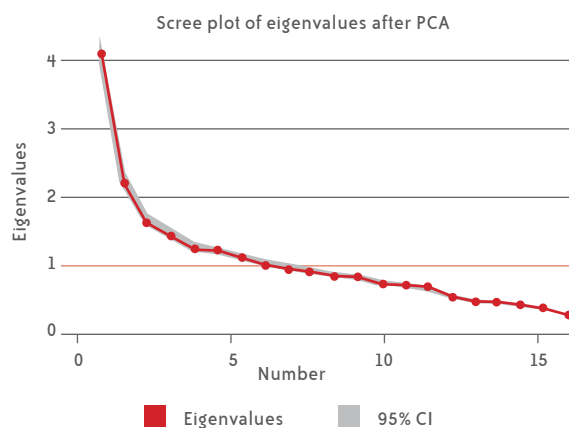
MRI-CGCM2.3.2: modelo acoplado del clima mundial del Instituto de Investigación Meteorológica (MRI) (CGCM; versión 2.3.2a), produce patrones de precipitación realistas en latitudes bajas. Este modelo se puede aplicar a nivel global y regional con la característica de permitir la partición de la varianza total de precipitación entre intraestacional, estacional y a plazos más lejanos. El modelo reproduce esto, excepto en el Pacífico occidental, donde los modelos no logran capturar las grandes variaciones intraestacionales.

Modelos utilizados para controlar la robustez

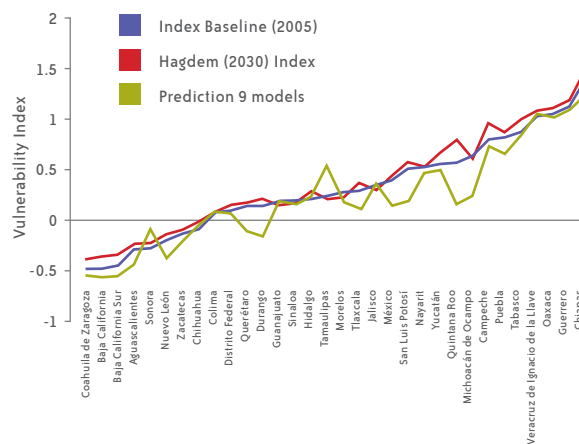
ECHAM4 (2030): Se creó al modificar los modelos de previsión del global; configuración predeterminada del modelo resuelve la atmósfera (principalmente utilizada para estudiar la atmósfera inferior), apuntando a las zonas áridas, semiáridas, subtropicales y tropicales. Dada esta distribución del clima, los climas de México se ajustan a este modelo. Este modelo se ha utilizado ampliamente para estudiar el clima de la tropósfera en México, lo que permite incluir también la atmósfera media.

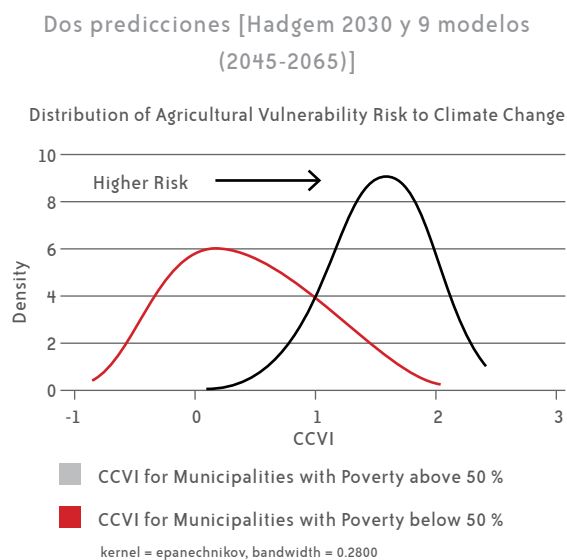
HADGEM (2030): Es el modelo atmosférico más reciente (precipitación y temperatura); el componente atmosférico tiene 38 niveles que ascienden a aproximadamente 40 kilómetros de altura, con una resolución horizontal de 1.25 grados de latitud por 1.875 grados de longitud, lo que produce una cuadrícula global de celdas de 192 x 145. Estas celdas de la cuadrícula son similares en tamaño a las reportadas por la unidad geográfica de INEGI y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Una de las principales diferencias entre esta configuración del clima y las versiones anteriores es el uso de la base de la Nueva Dinámica que es no-hidroestático (supuestos de cambios en la precipitación), totalmente compresible (capacidad de desglose espacial), con un esquema de integración de tiempo semi-implícito semi-lagrangiano (períodos de predicción).

Valores propios en la línea base y predicción (2005/2045)



Control de robustez de CCVI en la línea de base (2005) y





Nota: Los estados son clasificados según el índice de la línea base
Las predicciones de los 9 modelos presentan mayor heterogeneidad

Anexo C: Métodos de cambio climático y desnutrición rural

Este estudio explora los efectos de la temperatura y precipitación en las funciones de producción y su posible asociación con la desnutrición infantil. Los cambios en la precipitación y la temperatura pueden disminuir la producción, lo que perjudica a los consumidores urbanos y rurales y beneficia a los productores comerciales. Esta sección trata sobre la relación esperada entre las fluctuaciones climáticas y la producción de maíz de secano y la desnutrición infantil.

Considerar una función de producción para un agricultor promedio (hogar rural) de la siguiente forma: $Yield_{crop} = f(T, P, G, L, K)$, donde T y P representan la temperatura y precipitación, respectivamente, G son las para entradas en gran parte inmutables como características geográficas y tipo de suelo, L representa una entrada que puede variar en el corto plazo, que podemos llamar trabajo de concreción, y K representa el capital, una entrada que sólo puede variar a largo plazo y m representa nuestra unidad básica de análisis: los municipios. El agricultor, si se consideran los precios, lluvia y temperatura determinada, resuelve el siguiente problema:

$$\max Yield_{crop} = f(T_{mt}, P_{mt}, K, L, G) \text{ subject to } c(m_1, \dots, m_n) [1]$$

$$x_m \in R$$

Costo total $c(\cdot)$ es una función de maíz producido, que a su vez depende del clima, w, porque la precipitación y temperatura afectan directamente el rendimiento (Deschenes y Greenstone, 2006; Guiteras, 2009). Resolver este problema de optimización nos ayudaría a conocer —para un determinado nivel de temperatura y precipitación, suelo y precios—, la combinación de mano de obra y de insumos agrícolas elegidos por el agricultor que maximiza su rendimiento de maíz.

Mas, los cambios en la productividad agrícola afectan los ingresos rurales en nuestro modelo simplificado y, en consecuencia, la desnutrición de los niños rurales; en las zonas urbanas, los cambios en la productividad agrícola pueden afectar la canasta de consumo, especialmente de familias de bajos ingresos, a través de cambios de precios de alimentos básicos derivados de maíz (como tortillas y comidas). Existe un consenso general de que la mayoría de los pobres en los países en desarrollo son compradores netos de alimentos y que el encarecimiento de alimentos es malo para los pobres. Esto podría esperarse de los pobres urbanos, pero también suele atribuirse a la población rural pobre. (Ravallion 1989, Seshan y Umali-Deininger, 2007; Byerlee,

Myers y Jayne 2006; Ivanic y Martin 2008; Ataman Aksoy y Isik-Dikmelik, 2010).

En las zonas rurales donde la producción de alimentos es la principal actividad y donde hay actividades limitadas no relacionadas con los alimentos, los ingresos de los compradores netos (alimento) pueden depender de los ingresos y las actividades agrícolas de vendedores netos de alimentos. Estos resultados sugieren la necesidad de reevaluar el consenso sobre el impacto de los precios de los alimentos en las necesidades de alimentos en las zonas rurales.

En México, los precios del maíz difieren de una entidad a otra y varían de un año a otro. SAGARPA (2012), muestra que los estados con mayor productividad (Sinaloa, Sonora, Querétaro, Chihuahua, Jalisco, Baja California Sur, Nayarit, Guanajuato) ofrecen los precios más bajos por tonelada de maíz. Por otra parte, los estados que muestran menor productividad (Oaxaca, Zacatecas, Coahuila, Quintana Roo y Ciudad de México) ofrecen precios más altos por tonelada. Uno de los principales factores que aumentan el precio interno del maíz es el costo de transporte y almacenamiento. Una estructura de carreteras y ferrocarriles de mala calidad y una limitada capacidad de almacenamiento en parte explican la diferencia en precios y el aislamiento de los pequeños agricultores del mercado nacional e internacional del maíz. Como los precios en los mercados locales dependen en gran medida de pequeños productores locales y los restos de la producción de subsistencia, especialmente en poblaciones más pequeñas (Financiera Rural, 2012; Yúñez y Barceinas, 2003).

Siguiendo el enfoque teórico de Assuncao y Chein (2009), se considera que cada m municipal cuenta con una dotación de hectáreas T_m que produce Y_m que se distribuye a los individuos N_i en forma de beneficios agrícolas, salarios y alquileres. La apropiación individual del ingreso total depende de la capacidad productiva de los miembros de los hogares rurales, las características geográficas y el poder político/económico (es decir, se refleja en la capacidad para atraer las transferencias del gobierno y las subvenciones e infraestructura de producción). Cada hogar se caracteriza por tipos al azar donde el parámetro representa el nivel de habilidad productivo, independiente y uniformemente distribuido en el intervalo $[0,1]$, mientras que el parámetro captura el poder político-económico que se distribuye entre los individuos N_i

según la función de distribución F_i . El ingreso puede expresarse así:

$$y_i = F(\theta_i, n_i) \quad [2]$$

La familia individual se considera pobre en esta economía si su ingreso está por debajo de un umbral que representa la línea de pobreza (nacional). Así, dado el vector de ingresos y la producción agrícola Y_p , la tasa de pobreza infantil por municipio P_m , es dado por:

$$P[y_{n,i}]_{n=1}^{N_i} = \frac{1}{N_i} \sum_{n=1}^{N_i} 1[y_{n,i} \leq \bar{y}] \quad [3]$$

donde

$$1[y_{n,i} \leq \bar{y}] = \begin{cases} 1, & \text{if } y_{n,i} \leq \bar{y} \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

La tasa de pobreza esperada a nivel de municipio m , condicional de la producción agrícola total y de la función de distribución F_i , entre individuos N_i ; puede expresarse así:

$$P[y_{n,i}]_{n=1}^{N_i} = \frac{1}{N_i} \sum_{n=1}^{N_i} 1[y_{n,i} \leq \bar{y}] \equiv P(y, Y_i, F_i) \quad [4]$$

La ecuación [4] sugiere que, dada la línea de pobreza, la tasa de pobreza está determinada por la producción agrícola total y la función de distribución F_i que, en última instancia, indica cómo se asigna la producción agregada dentro de cada región. Con el fin de asegurar que F_i esté correctamente definida, dependerá del tamaño de la población de cada región N_i (Assuncao y Chein, 2009). Cuando el ingreso de los hogares está por debajo de la línea de pobreza, los miembros de la familia podrían enfrentar interrupciones en su alimentación. Mediante los modelos de nutrición-productividad desarrollados por Dasgupta et al. (1997, 1986), es posible entender la desnutrición como la incapacidad de un individuo de asimilar nutrientes durante un período de tiempo debido a los desafíos en torno a la clase de consumo de alimentos de diversa calidad y cantidad y esto está condicionado por factores climáticos y rigideces en los mercados laborales locales.

Dasgupta et al. (1997) utilizan el siguiente modelo donde t denota tiempo, $t \geq 0$. Sea z_t un índice escalar de la salud de una persona en la fecha t y $W(z)$ el flujo de bienestar si el índice de salud es z , donde $W'(z) > 0$. Ahora dejamos que $y(z)$ denoten un ingreso y $h(z)$ sus necesidades de alimento (expresadas en unidades de ingresos). Cada una es una función continua de z . Esta relación puede ser expresada

como la diferencia entre los ingresos generados por el hogar y los requerimientos nutricionales de sus miembros, como se muestra en la siguiente ecuación (5):

$$dz_t/dt = y(z_t) - h(z_t) \quad (5)$$

Donde es posible que: i); ii); iii) .

Los casos i y ii representan situaciones en las que los hogares tienen problemas para generar ingresos y deben decidir el tipo de comida que satisface las necesidades de los miembros del hogar antes de que el tiempo limite su generación de ingresos, en especial para los agricultores que son vendedores netos de alimentos. Si el ingreso está por debajo del umbral de pobreza, se compromete la generación de nutrientes requeridos en el hogar; en especial los requerimientos de mujeres y niños. Las mismas asociaciones de los casos i y ii pueden ocurrir al aumentar los precios de la canasta básica de alimentos, cuando las reducciones en el ingreso o reducciones en la productividad de alimentos son similares a los aumentos en los precios de las economías domésticas.

La relación entre la generación de alimentos (ingresos) y la estacionalidad agrícola se ha estudiado en diferentes contextos. Su principal conclusión es una estrecha relación entre los factores climáticos, agrícolas temporales y la disponibilidad previa del capital productivo y la desnutrición (Chambers, 1982; Dasgupta et al. 1986, 1997; Patz et al. 2005), es decir, los cambios en la precipitación y la temperatura de una región modifican los rendimientos agrícolas, lo que repercute en el suministro de alimentos, especialmente en el caso de los granos básicos. La reserva básica de granos eleva los precios relativos de los granos, localmente. Este fenómeno se asocia con cambios en los niveles de nutrición, especialmente en los niños de 5 años.

Los hogares rurales, cuya principal actividad es la agricultura de secano podría no generar suficientes ingresos para no continuar con la desnutrición infantil, pero puede mitigar las consecuencias del cambio climático mediante la adaptación de, al menos, dos dimensiones: (i) pasar de la agricultura hacia sectores y ocupaciones más rentables; o (ii) migrar a una región más favorable (probablemente las áreas urbanas) (Assuncao y Chein, 2009).

3. Datos y estadísticas de resumen

Este estudio se lleva a cabo en 2.196 municipios situados en todos los estados de México. Algunos estados y municipios se han quedado fuera del estudio, principalmente los municipios y estados que se caracterizan por la producción de maíz por riego y donde no hay condiciones para producir maíz de secano. El análisis utiliza cuatro tipos de información: (i) producción agrícola y datos socioeconómicos, (ii) datos del clima, (iii) datos de desnutrición infantil y (iv) futuros escenarios climáticos y proyecciones de población. Los datos socioeconómicos y agrícolas provienen del Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA). Precipitación diaria en mm y temperatura provienen de estaciones meteorológicas y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN); y las proyecciones de temperatura y precipitación fueron proporcionadas por el Portal del Conocimiento de Cambio Climático del Banco Mundial¹⁵. Todos los modelos climáticos se acreditan a la tercera fase del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP3) del Programa de Investigación Climática Mundial (PMIC) al que se hace referencia en el tercer y cuarto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (ver descripción de datos a continuación). Se agregan datos de clima futuro a nivel municipal. Se obtuvieron tasas de desnutrición infantil a través de técnicas de estimación de áreas pequeñas que usan datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT) y el Censo de Población y Vivienda 2005. Las proyecciones de población provienen del Consejo Nacional de Población (CONAPO) en México. Todos los datos están disponibles a nivel municipal (condado) (Ver Anexo 1 para las estadísticas de Resumen).

Resultados agrícolas

El maíz es el principal cultivo en México. En 2007, la producción de maíz cubrió 6.82 millones de ha, una cuarta parte de tierras adecuadas para el cultivo en el país (27.3 millones ha.) (FAOSTAT, SEMARNAT, 2010). De éstos, 5.5 millones son de maíz blanco para consumo humano, y son el foco de nuestro

¹⁵ <http://climateknowledgeportal.worldbank.org>

estudio.¹⁶ En términos de producción, se produjeron 19.49 millones de toneladas de maíz blanco en 2007 en México (92% de la producción total de maíz). Nuestra muestra abarca poco más de 95% de la producción total de maíz blanco.

El maíz es cultivado por alrededor de 3.2 millones de agricultores en el país (de un total de 4 millones), principalmente agricultores de subsistencia. La mayoría de productores (92%) tienen entre 0 y 5 ha. con baja productividad y, por lo tanto, rendimientos limitados, que son principalmente utilizados para autoconsumo y cultivados en más de la mitad de su superficie total de la producción. Por el contrario, una minoría de pequeños y medianos agricultores (alrededor del 8%), producen casi 44% de todo el maíz, con el mayor promedio de producciones que van desde 1.8 a 3.2 toneladas por hectárea. Solo dedican el 13.5% de su producción a la subsistencia (SAGARPA, 2010b).

Los datos del panel semestral del Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura (SAGARPA) se obtuvieron del área de maíz sembrado y cosechado para 2.196 municipios durante el período 2003-2007. Estos datos sólo consideran una tecnología de riego (secano) y están disponibles para dos temporadas desde 2003-2007, dando por resultado los 9492 puntos de datos. Los costos de producción semestral se obtuvieron de la tecnología promedio utilizada en cada municipio analizado. Los costos de inversión en tecnología varían por municipio según el tipo de maquinaria empleada, fertilizantes y pesticidas, entre otros.

La calidad del suelo y los datos geográficos se extrajeron del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). La calidad del suelo en cada municipio es representativa de las diferentes características del suelo: materia orgánica en el suelo, expresado en porcentajes, relación de absorción de sodio, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación del suelo, porcentaje de arena, limo y arcilla. La ubicación geográfica del municipio afecta su productividad y su posible asociación con la desnutrición infantil, por lo que consideramos para el análisis la latitud, longitud

y altura sobre el nivel del mar de cada municipio; además, el modelo de productividad emplea variables que describen la distancia desde el municipio hasta la carretera más cercana.

Datos climáticos históricos

Los datos climáticos históricos fueron agregados a nivel de municipio a partir de un conjunto de datos históricos reticulados derivados de datos observacionales producidos por la Unidad de Investigación Climática (CRU) de la Universidad de East Anglia (UEA). Se accedió a este conjunto de datos a través del Portal de Conocimiento sobre Cambio Climático del Banco Mundial (CCKP).¹⁷ El conjunto de datos de clima global TS 2.1 de CRU está compuesto por 1.224 series de tiempo mensuales de las variables climáticas —incluyendo temperatura y precipitación— para el período 1901-2009 y cubre la superficie terrestre mundial, excepto la Antártida, en una resolución de 0.5 grados. Además, últimos datos meteorológicos también fueron imputados a los municipios mediante el uso de un modelo de capacidad de infiltración variable (VIC) para México, desarrollado por Liang et al. (1994)¹⁸. El modelo VIC interpola datos mediante cuadrículas mediante: i) la creación de matrices de correlación entre las estaciones de lluvias y estaciones de radar existentes que indican la presencia de lluvia, pero no pueden capturar la cantidad; ii) el conteo de los medios correspondientes para ambos ti-

¹⁷ <http://climateknowledgeportal.worldbank.org>.

¹⁸ VIC como un modelo hidrológico de macroescala semidistribuido. VIC equilibra el agua y la energía superficial dentro de la célula de la red; y sus variaciones subcuadrícula son capturadas estadísticamente. Entre las características distintivas del modelo VIC se incluyen: variabilidad subcuadrícula en clases de vegetación superficial de tierra; variabilidad subcuadrícula en la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo; drenaje de la zona inferior de humedad del suelo (flujo base) como una recesión no lineal; y la inclusión de topografía que permite que las tasas de lapso de temperatura y precipitación orográfica resulten en una hidrología más realista en las regiones montañosas. VIC utiliza un modelo de enrutamiento independiente basado en una función lineal de transferencia para simular el flujo. Las adaptaciones para el modelo de enrutamiento se implementan en VIC para permitir la representación de los efectos de gestión del agua (lo que incluye desvíos de operación y riego de depósito y flujos de retorno. Desde su existencia, VIC ha sido bien calibrado y validado en varias cuencas grandes en Estados Unidos continental y el mundo. Las aplicaciones que utilizan el modelo VIC abarcan una amplia variedad de áreas de investigación.

¹⁶ En México, aproximadamente el 90% de la producción de maíz es maíz blanco —el que se utiliza para consumo humano— en comparación con el maíz amarillo y aplastado para alimentar el ganado y que se produce muy poco en México.

pos de estaciones de las cuadrículas dentro del municipio; y iii) usar esos valores multiplicando los valores de las estaciones de base por la relación de medios para graduarlos, a través de la reconstrucción de un modelo climático. (Para su aplicación en México, ver Díaz Padilla, 2008).

Las variables climáticas empleadas para el estudio son la precipitación (en milímetros) y la temperatura media mensual y diaria, desde 1996-2008. Datos diarios del clima fueron añadidos por temporada agrícola para los dos ciclos agrícolas comunes al año en México (otoño-invierno y primavera-verano).

Proyecciones de cambio climático futuro y escenarios de emisiones

Consideramos un escenario de emisiones del SRES (A2) para los cambios previstos de precipitación y temperatura para el período 2030-2039. A2 asume a una empresa como un escenario habitual (es decir, los mismos cambios de tendencia en el crecimiento económico, uso de combustibles fósiles y crecimiento de la población) (ver Conde et al, 2008). Las proyecciones del clima futuro, fueron proporcionadas por el Portal de Conocimiento sobre Cambio Climático del Banco Mundial (CCKP).¹⁹ Los valores futuros promedio y el cambio

19 El Portal ofrece conjuntos de datos de futuro derivados de 15 de los 23 modelos de circulación global disponibles (GCMS), los modelos del cambio climático más completos

de periodo histórico (2000) para el futuro período de tiempo 2030-2030 fueron agregados a nivel municipal usando un sobre de 15 modelos globales²⁰ que representan la mediana del conjunto, percentil 10 más alto y percentil 90 más bajo de precipitación y temperatura. El conjunto de todos los modelos es muy útil para entender el rango potencial de resultados del modelo de clima y de una manera simple para presentar la idea de incertidumbres del modelo climático. Sin embargo, el modelo de conjunto no intenta proporcionar maneras específicas sobre cómo tratar este tema a profundidad.

Nuestro análisis muestra que la temperatura global aumentará en México entre 0.41 a 3.33 grados Celsius para el otoño-invierno y de 0.49 a 3.12 grados Celsius para la temporada agrícola primavera-verano. La precipitación anual cambiará entre -25.88 y 64.46 mm o el ciclo agrícola otoño-invierno y de 1,525.63 a -1,147.89 mm para la temporada agrícola primavera-verano, dependiendo de la región.

físicamente y que están disponibles y son utilizados en el cuarto informe de evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC).

20 Los modelos son útiles para ilustrar la naturaleza cambiante de la dinámica del clima de gran escala en escalas continentales a globales y forman la base para la comprensión de los cambios humanos inducidos en el clima. Debido a que la resolución de estos GCM varía, fueron reticulados a una segunda retícula común.

Banco Mundial
1818 H Street, NW,
Washington, DC 20433, USA.
www.worldbank.org



BANCO MUNDIAL