



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**DOCTORADO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

**LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE MÉXICO Y SU CAPACIDAD DE
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

Presenta

MARÍA DE LOURDES MALDONADO MÉNDEZ

Bajo la supervisión de:

DR. ALEJANDRO ISMAEL MONTERROSO RIVAS



Chapingo, Estado de México, octubre de 2022

LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE MÉXICO Y SU CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Tesis realizada por **María de Lourdes Maldonado Méndez** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS EN AGRICULTURA MULTIFUNCIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

DIRECTOR:



DR. ALEJANDRO ISMAEL MONTERROSO RIVAS

ASESOR:



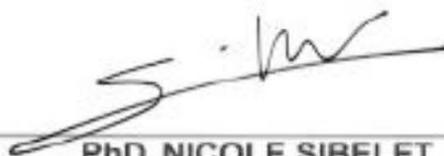
DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO

ASESOR



DR. TEODORO GÓMEZ HERNÁNDEZ

LECTORA EXTERNA:



PhD. NICOLE SIBELET

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	12
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	14
<i>La capacidad de adaptación en el marco de la vulnerabilidad</i>	<i>14</i>
<i>Marco conceptual sobre la capacidad de adaptación.....</i>	<i>14</i>
<i>Aproximaciones teóricas y metodológicas para medir la capacidad de adaptación</i>	<i>15</i>
<i>Literatura citada</i>	<i>19</i>
CAPÍTULO II. TIPOLOGÍA MULTIDIMENSIONAL DE LOS AGRICULTORES MEXICANOS EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO	23
<i>Resumen</i>	<i>23</i>
<i>Abstract</i>	<i>23</i>
<i>Introducción.....</i>	<i>24</i>
<i>Materiales y métodos.....</i>	<i>26</i>
<i>Resultados.....</i>	<i>33</i>
<i>Discusión.....</i>	<i>39</i>
<i>Conclusiones</i>	<i>43</i>
<i>Literatura citada</i>	<i>44</i>
CAPÍTULO III. INDICADORES RELEVANTES PARA LA MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	53
<i>Resumen</i>	<i>53</i>
<i>Abstract</i>	<i>53</i>
<i>Introducción.....</i>	<i>54</i>
<i>Materiales y métodos.....</i>	<i>56</i>
<i>Resultados.....</i>	<i>57</i>
<i>Discusión.....</i>	<i>65</i>
<i>Conclusiones</i>	<i>68</i>
<i>Literatura citada</i>	<i>69</i>

CAPITULO IV. BARRERAS Y POTENCIALIDADES DE LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE LA MESETA COMITECA TOJOLABAL QUE INCIDEN EN LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN	76
<i>Introducción.....</i>	<i>76</i>
<i>Materiales y métodos.....</i>	<i>77</i>
<i>Resultados.....</i>	<i>80</i>
<i>Discusión.....</i>	<i>86</i>
<i>Conclusiones.....</i>	<i>88</i>
<i>Literatura Citada.....</i>	<i>89</i>
CONCLUSIONES GENERALES.....	94
RECOMENDACIONES.....	96
ANEXOS.....	97
<i>Anexo 1. Análisis de componentes principales (ACP).....</i>	<i>97</i>
<i>Anexo 2. Ejemplo de localidad por cada tipo de productor obtenido con el método de Dalenius & Hodges.....</i>	<i>98</i>
<i>Anexo 3. Características de los tipos de productores según el método de Dalenius & Hodges.....</i>	<i>100</i>
<i>Anexo 4. Distribución por estado de los tipos de productores identificados según el método de Dalenius & Hodges.....</i>	<i>101</i>
<i>Anexo 5. Síntesis de los estudios seleccionados y analizados para la evaluación de la capacidad de adaptación al cambio climático.....</i>	<i>102</i>
<i>Anexo 6. Guía de cuestionario para levantamiento de datos en campo.....</i>	<i>117</i>
GLOSARIO.....	119

LISTA DE CUADROS

	Página
Capítulo II	
Cuadro 1. Tipologías de productores agrícolas en México y principales características	27
Cuadro 2. Clasificación de once niveles de sensibilidad de los productores	30
Cuadro 3. Dimensiones y variables consideradas en la tipología de productores	31
Cuadro 4. Principales características de los once tipos de sensibilidad del productor identificados en el presente estudio	33
Cuadro 5. Estratificación de Unidades Económicas Rurales (UER), utilizadas en el presente estudio.	34
Cuadro 6. Grados de exposición al cambio climático en municipios de México.	35
Cuadro 7. Tipos de productores identificados mediante la Tipología Multidimensional	37
Capítulo III	
Cuadro 1. Resumen de la información más relevantes de los 20 estudios analizados (2012-2021)	58
Cuadro 2. Valores ponderados obtenidos para cada indicador	62
Cuadro 3. Propuesta de indicadores para la evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático	63
Capítulo IV	
Cuadro 1. Tipología de productores agrícolas aplicada en el estudio	79

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo I	
Figura 1. Capacidad de adaptación en función de la vulnerabilidad	14
Figura 2. Tendencia de las publicaciones sobre capacidad de adaptación	15
Figura 3. Factores de la capacidad de adaptación	18
Capítulo II	
Figura 1. Dimensiones incluidas en la tipología Multidimensional de los agricultores mexicanos	28
Figura 2. Tipos de productores (T) y productores totales en cada grupo	38
Figura 3. Distribución geográfica de los principales tipos de productores (T1-T19).	39
Capítulo III	
Figura 2. 6. Dimensiones, 14 Dimensiones específicas y 19 Indicadores, agrupados.	61
Capítulo IV	
Figura 1. Ubicación de la zona de estudio: Región Meseta Comiteca Tojolabal	78
Figura 2. Representatividad de los tipos de productores en la Meseta Comiteca Tojolabal	81
Figura 3. Tipos de productores agrícolas en la Meseta Comiteca Tojolabal por municipio y distribución porcentual	81
Figura 4. Comportamiento de las variables para cada municipio (4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g)	83
Figura 5. Cambios percibidos por los productores sobre la Temperatura (5a) y la precipitación (5b) de la Región	85

DEDICATORIA

A mi padre, José Humberto Maldonado Hernández, por su amor y por creer en mí. Te amo papá, que tu luz ilumine siempre mis días.

A mi madre, María del Carmen Méndez Argüello, por su amor infinito y por la vida que me da. Eres mi ejemplo de bondad y mi guerrera incansable. Te amo mamá.

A mis hermanos: Javier, Leonel, Nelsy, Araceli, Carlos, Anabelli, Elsy y William, por ser mis amigos y mis cómplices.

A mis sobrinas y sobrinos: Vale, Fer, Carlos, Adriana, Paola y Elián, porque sus sonrisas hacen que la vida sea más maravillosa.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y al universo, por la vida y por permitirme culminar una etapa más.

Mi gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Autónoma Chapingo, por brindarme el apoyo para el desarrollo del Doctorado en Ciencias.

Gracias al CIESAS (Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social) por el apoyo y acompañamiento que me ha brindado el equipo del ProBePi desde la Maestría hasta esta etapa de Doctorado.

Mi gratitud al Dr. Alejandro Monterroso Rivas por ser mi mentor, por sus atinados consejos y sus sugerencias para realizar esta investigación. Gracias Dr. por confiar en mí y por compartir sus conocimientos y experiencia.

Gracias al Dr. José Luis Romo Lozano, al Dr. Teodoro Gómez y a la Dra. Nicole Sibelet, por su retroalimentación y por apoyarme en identificar áreas de mejora para esta investigación.

Gracias a mis Padres, a mis herman@s y sobrin@s, por su amor y por estar conmigo en la distancia. En especial, a mi madre por ser la mejor asistente de investigación y acompañarme durante la fase de campo.

Agradezco infinitamente a la Familia Cruz Rodríguez, en especial a tía Marbella y a William por estar presentes y acompañarnos siempre.

Gracias a las Familias Méndez Zavala y Zavala Méndez por su cariño y por estar pendiente de mí. Principalmente a mi madre postiza Alicia MZ y al tío Artemio MZ por su amor y apoyo durante los últimos 20 años.

A los amig@s que me ha regalado la vida y que me han acompañado en esta etapa: Luis, Vane, Jennifer, Jesúa, Natalia, Mayra, Luis V., Gerardo, Khamila, María Rosa, Isis, Jeamy, Nallely, Claudia, Indhu y Evelyn, gracias por su amistad y su apoyo. Por esas tardes de café y videollamadas.

Y a Lau, por coincidir y por ser mi apoyo infinito. Gracias por el tiempo que me brindaste en los momentos de bloqueo intelectual y emocional, por tus consejos para mejorar esta investigación, y por animarme a continuar hasta culminar esta etapa. Gracias por cultivar la huerta en casa para mantener nuestra mente despejada durante la pandemia.

DATOS BIOGRÁFICOS

Lourdes Maldonado nació en La Trinitaria, Chiapas el 11 de enero de 1985. Es Ingeniera Forestal, graduada de la Universidad Autónoma Chapingo, tiene una Maestría en Ciencias en Economía, Desarrollo y Cambio Climático realizada en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). En su experiencia profesional, ha colaborado con instituciones del sector público, como la CONANP, la CONAFOR, SAGARPA (SADER) y Probosque, en estrategias de conservación y restauración de recursos naturales y Gestión del Desarrollo Rural. Y como consultora, en evaluación de Estrategias de Desarrollo Rural Territorial con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA México y Centramérica) y en evaluación del impacto de proyectos de Investigación-Desarrollo-Innovación con el Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD).

Se ha especializado en la estimación de la capacidad de adaptación de productores agrícolas y forestales de México ante el cambio climático. Producto de su investigación ha publicado artículos en revistas de alto factor de impacto.

Su principal interés es el desarrollo de estrategias que contribuyan a la adaptación y mitigación del cambio climático, mediante la conservación y restauración de paisajes sostenibles, y en el desarrollo de capacidades de los productores agrícolas y forestales.

Datos de contacto

Correo: lourdes.maldomdz@gmail.com

Perfiles académicos: <https://orcid.org/0000-0002-6815-5469>

<https://www.researchgate.net/profile/Maria-Maldonado-Mendez>

RESUMEN GENERAL

LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE MÉXICO Y SU CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO¹

México es un país altamente vulnerable al cambio climático, posee una amplia gama de condiciones biofísicas y socioeconómicas que se traducen en productores agrícolas con características y actividades heterogéneas. Estimar la capacidad de adaptación como elemento de la vulnerabilidad, es una tarea compleja por su naturaleza multidimensional. Desde la construcción conceptual y metodológica ha existido una considerable discrepancia entre las dimensiones o elementos que la componen. El objetivo de esta investigación fue contribuir en el estudio de la capacidad de adaptación al cambio climático de los productores agrícolas, mediante el diseño, aplicación y análisis de indicadores y de percepción social que sirvan de insumos para el diseño y priorización de políticas públicas del sector agrícola, encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático. La investigación consideró tres fases: en la primera se realizó una clasificación multidimensional de productores agrícolas del país, analizando tres dimensiones: sensibilidad del productor, destino de la producción y exposición al cambio climático, y el universo de productores agrícolas fue clasificado mediante componentes principales combinada con estratificación óptima de Dalenius y Hodges. Los resultados permiten clasificar a los productores agrícolas en 19 tipos. En un segundo momento se realizó una revisión sistemática de la literatura científica sobre la evaluación o medición de la capacidad de adaptación al cambio climático. Derivado del metaanálisis se identificaron y analizaron 329 indicadores, de los cuales se seleccionaron y proponen 19 agrupados en seis dimensiones. Finalmente, en un estudio de caso realizado en la Región de la Meseta Comiteca Tojolabal en el estado de Chiapas, se aplicaron los indicadores propuestos y encontraron potencialidades y barreras que presentan los productores para adaptarse al cambio climático. La tipología e indicadores propuestos para la estimación de la capacidad de adaptación muestran potencial para ser insumos importantes para diseñar, reorientar o focalizar políticas públicas en el sector agropecuario.

Palabras clave: ambiente de producción, clasificación de productores, indicadores de capacidad adaptativa, percepción del cambio climático, sistemas agrícolas.

¹ Tesis de doctorado en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: María de Lourdes Maldonado Méndez

Director: Alejandro Ismael Monterroso Rivas

GENERAL ABSTRACT

AGRICULTURAL PRODUCERS IN MEXICO AND THEIR CAPACITY TO ADAPT TO CLIMATE CHANGE²

Mexico is a country highly vulnerable to climate change, it has a wide range of biophysical and socioeconomic conditions that result in farmers with heterogeneous traits and activities. Assessing adaptive capacity to climate change as an element of vulnerability is a complex task due to its multidimensional nature. Since the conceptual and methodological construction, there has been a considerable discrepancy between the dimensions or elements that compose it. The aim of this research was to contribute to the study of the adaptive capacity of agricultural producers to climate change, through the design, application and analysis of indicators and social perception that serve as inputs for the design and prioritization of public policies in the agricultural sector, aimed at reducing vulnerability to climate change. The research considered three phases: in the first, a multidimensional classification of agricultural producers in the country was carried out, analyzing three dimensions: producer sensitivity, production destination, and exposure to climate change, and the universe of agricultural producers was classified using principal component analysis combined with the Dalenius and Hodges optimal stratification technique. The results made it possible to classify agricultural producers into 19 types. In the second, a systematic review of the scientific literature on evaluating or measuring adaptive capacity to climate change was carried out. Derived from the meta-analysis, 329 indicators were identified and analyzed, of which 19 indicators grouped into six dimensions were selected and proposed. Finally, in a case study carried out in the Region of the Meseta Comiteca Tojolabal in the state of Chiapas, the proposed indicators were applied, and potentialities and barriers presented by producers to adapt to climate change were found. The typology and indicators proposed for estimating adaptive capacity show the potential to be important inputs for designing, reorienting, or focusing public policies in the agricultural sector.

Keywords: agricultural systems; adaptive capacity indicators; farmers' adaptation; perception of climate change; producers' classification; production environment.

² Tesis de doctorado en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: María de Lourdes Maldonado Méndez
Director: Alejandro Ismael Monterroso Rivas

INTRODUCCIÓN GENERAL

El cambio climático tiene efectos sociales, económicos y ambientales en los sistemas agrícolas y alimentarios a nivel mundial, nacional y local (Ray et al., 2019; Raza et al., 2019; Shukla et al., 2019) y se prevé que estos se intensifiquen en el corto, mediano y largo plazo (IPCC, 2018, 2022a). Para los países en desarrollo estos impactos son aún más preocupantes ya que la mayoría de la población rural depende directa o indirectamente de la agricultura para sus medios de vida (GIZ, 2013; López & Hernández, 2016).

El sistema agroalimentario de México está altamente expuesto a los efectos del cambio climático (Monterroso et al., 2014). Las evidencias indican un aumento de eventos extremos hidrometeorológicos, así como cambios en los patrones de lluvia, nevadas, heladas, granizadas, inundaciones, huracanes y sequías (Herrera & Hiscock, 2015; IPCC, 2022a). Las consecuencias económicas de estos cambios se evidencian en pérdidas de producción y disminución de calidad de los productos agrícolas (Estrada et al., 2012; López & Hernández, 2016; Monterroso & Conde, 2017; Ruíz Corral et al., 2011)

Para hacer frente a estas problemáticas se han desarrollado agendas globales (Objetivos de Desarrollo Sostenible), nacionales (Contribuciones Nacionales Determinadas, Estrategia Nacional de Cambio Climático y Agenda de Cambio Climático y Producción Agroalimentaria) y estatales (Estrategias Estatales de Cambio Climático), enfocadas en impulsar estrategias de adaptación y mitigación en el sector agrícola y alimentario. En México se han identificado 319 municipios catalogados como territorios muy vulnerables (SEMARNAT, 2020) y a partir de las Contribuciones Determinadas, el país se ha comprometido a reducir esta condición en al menos la mitad de ellos (México-INECC, 2015).

Sin embargo, el cumplimiento de estos compromisos nacionales en el sector agrícola enfrenta múltiples desafíos conceptuales, metodológicos y logísticos. Por un lado, la heterogeneidad de los productores agrícolas mexicanos (producto de la conjugación de la diversidad de condiciones ambientales, agroclimáticas y sociales) complejiza la clasificación de productores en un contexto de cambio climático. Por otro lado, la medición de la capacidad de adaptación ha sido un desafío constante en el círculo científico debido a la complejidad de la problemática, y el poco consenso sobre los abordajes teóricos y metodológicos (Siders, 2019).

En este contexto el objetivo de esta investigación fue contribuir en el estudio de la capacidad de adaptación al cambio climático de los productores agrícolas, mediante el diseño, aplicación y análisis de indicadores y de percepción social que sirvan de insumos

para el diseño y priorización de políticas públicas del sector agrícola, encaminadas a la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático.

La presente investigación se desarrolló en cuatro capítulos. En el capítulo I se presenta el marco conceptual que sustenta la investigación, se analiza la evolución conceptual sobre la capacidad de adaptación al cambio climático, las dimensiones que la componen, así como los principales métodos de estimación. El capítulo II presenta el primer artículo de investigación cuyo objetivo fue clasificar a los productores agrícolas de México, mediante un enfoque multidimensional como base para conocer su potencial de adaptación al cambio climático. En el capítulo III se presenta el segundo artículo científico, cuyo objetivo fue evaluar y seleccionar las dimensiones e indicadores con mayor potencial para la estimación de la capacidad de adaptación al cambio climático a escala de productores agrícolas en México. En el capítulo IV se presentan los resultados del tercer artículo de investigación que consistió en identificar las barreras o potencialidades que muestran los productores agrícolas de la región meseta Comiteca Tojolabal y que inciden en su capacidad de adaptación al cambio climático. Finalmente se presentan las conclusiones derivadas de la investigación.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

La capacidad de adaptación en el marco de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad al cambio climático se ha abordado a partir de tres funciones principales: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación (IPCC, 2001, 2007, 2022b). En términos generales, una alta capacidad de adaptación reduce los efectos a la exposición y sensibilidad y por ende se reduce la vulnerabilidad, en contraste una baja capacidad de adaptación contribuye a aumentar la exposición y sensibilidad y por ende la vulnerabilidad (Figura 1) (Engle, 2011; Thomas et al., 2019).

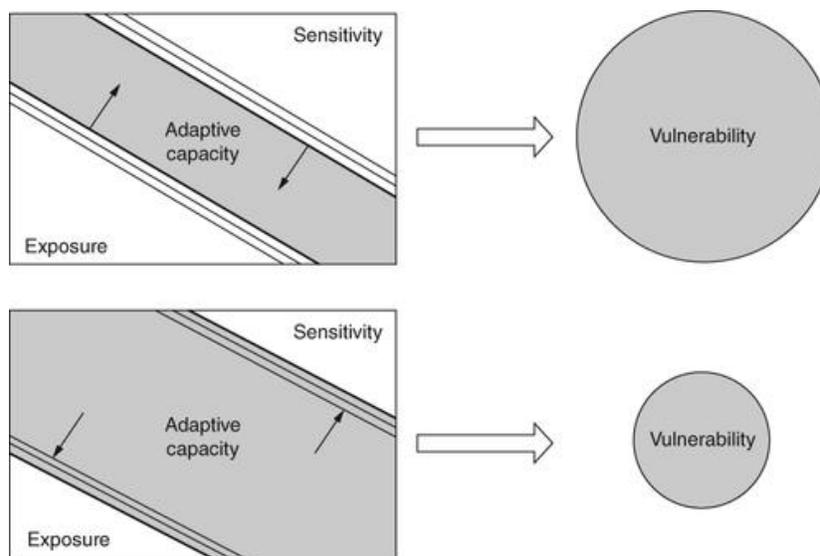


Figura 1. Capacidad de adaptación en función de la vulnerabilidad
Fuente: Engle 2011

Marco conceptual sobre la capacidad de adaptación

El marco conceptual sobre la capacidad de adaptación se ha construido en base a múltiples ciencias y se ha diversificado, evolucionado y complejizado de acuerdo con nuevas necesidades de investigación (Mortreux & Barnett, 2017; Siders, 2019). En el campo de las ciencias del cambio climático el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en sus más recientes informes ha tomado como referente teórico la definición propuesta por el Millennium Ecosystem Assessment: *“la capacidad de adaptación es la habilidad de los sistemas, instituciones, las personas y otros organismos de ajustarse a un daño potencial, aprovechar las oportunidades o responder a las consecuencias”* (Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005).

A partir de la conformación del IPCC y de abordajes científicos para explicar y medir la capacidad de adaptación, las investigaciones en este tópico han crecido exponencialmente (Figura 2). Este crecimiento ha traído como consecuencia múltiples visiones sobre la capacidad de adaptación que aportan significativamente al campo de estudio, pero a la vez un marco metodológico muy diverso y fragmentado, con pocos acuerdos y retroalimentación sobre cómo abordar la capacidad de adaptación en diversos escenarios y escalas (Siders, 2019).

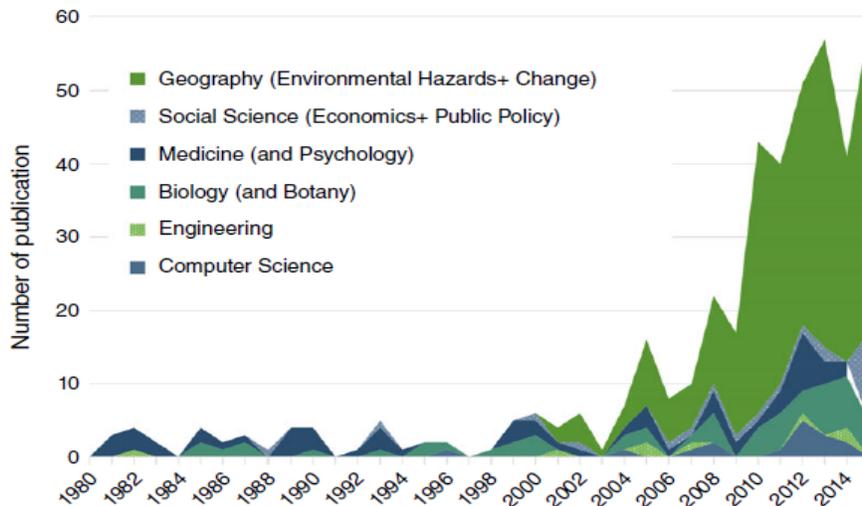


Figura 2. Tendencia de las publicaciones sobre capacidad de adaptación
Fuente: Siders, 2019

Aproximaciones teóricas y metodológicas para medir la capacidad de adaptación

La naturaleza compleja de la capacidad de adaptación se ve reflejada en la diversidad de abordajes metodológicos que se pueden desarrollar para su estudio. Una de las principales divergencias es la elección de las dimensiones que deberían abordarse, en este sentido los métodos de estimación han evolucionado hacia estudios cada vez más complejos (Akanbi et al., 2021; Andrijevic et al., 2020; Chen et al., 2015; Choden et al., 2020).

De acuerdo con Mortreux & Barnett, (2017) el desarrollo conceptual y metodológico sobre la capacidad de adaptación se produjo en dos generaciones. La primera, denominada “capacidad de adaptación genérica”, se basa principalmente en la evaluación de los medios de vida rurales a través de los cinco capitales de la comunidad. El enfoque de medios de vida sostenibles permite identificar y analizar los factores o potencialidades de las personas o territorios de las cuales pueden hacer uso para sobrellevar la vida diaria, este enfoque permite también analizar las relaciones entre estos activos o capitales (Chepkoech et al., 2020; Clay, 2018).

Los cinco capitales que consideran en la medición son: el capital o recurso natural, que se refiere a fuentes de agua segura, bosques y todos los recursos naturales que los habitantes usan para su producción y reproducción social. El capital o recurso humano se refiere a los recursos y habilidades de lo que disponen los productores agrícolas en términos de cantidad y calidad de fuerza de trabajo, el nivel de educación, conocimiento local o capacitación en prácticas agrícolas, salud y acceso a la información climática. El capital o recurso social se refiere al aspecto comunitario o colectivo, incluyendo las relaciones de confianza, organizaciones productivas o redes que han formado para hacer frente a algún cambio en las condiciones climáticas. El capital financiero, considera la información general de la situación económica de la localidad y los recursos económicos con los que cuenta la población: remesas, ingresos, subsidios, créditos, tenencia de la tierra, etc.; y el capital físico o construido consiste en el conjunto de bienes, infraestructura o servicios de los que dispone la localidad, y que pudieran ayudar a hacer frente al cambio climático (Emery M. & Flora C., 2006; Gutiérrez et al., 2009).

Este tipo de medición, aunque busca ser práctica y eficiente, presenta algunas limitaciones: 1) La escala de medición, este enfoque metodológico puede generar buenos resultados y explicar la capacidad de adaptación a una escala pequeña (pueblos, villas), pero es ineficiente para explicar la capacidad de adaptación a escalas más grandes. 2) El supuesto teórico de que la capacidad se traduce en acción: algunos estudios demuestran que la tenencia de activos (capitales) no son suficientes para explicar el nivel de capacidad de adaptación. Por el contrario, la capacidad de adaptación se puede explicar además por el tejido de procesos y relaciones complejas y holísticas que va más allá de los activos con los que cuentan las personas (Mortreux et al., 2020).

La segunda generación denominada “de los activos a la movilización” marca una nueva etapa en la aproximación metodológica y teórica sobre la capacidad de adaptación. El enfoque en la investigación se basa en los aspectos que dinamizan (o no) y permiten acciones que generen cambios enfocados en la adaptación. Esta segunda generación profundiza en los atributos psico-sociales en los procesos de capacidad adaptación: esta nueva aproximación metodológica explora los atributos que permiten la adaptación de los sistemas o actores sociales y que no se pueden explicar únicamente por medio de los activos. Estos atributos están mediados por aspectos relacionados con las actitudes hacia el riesgo. La acción o no ante los efectos negativos del cambio climático está determinada por la percepción de probabilidad y gravedad de riesgo; la auto eficiencia que determina como se percibe la capacidad para accionar; la percepción de los costos y beneficios que derivan de la adaptación y las actitudes de fatalismo, negación u optimismo.

Estas actitudes determinan el nivel de compromiso de las personas para asumir riesgos:

- 1) **Experiencias personales:** la intensidad de experiencia frente a un peligro/riesgo, determina en gran medida el nivel de preparación de un personas o población para hacer frente. Este nivel de experiencia tiene que ver con la intensidad, la cercanía y el tiempo en el que se experimentó el peligro. Sin embargo, este factor se puede tornar en dos vías en contraposición, por un lado, puede preparar mejor a las personas o puede tornar a las personas fatalistas y despojadas de alguna posibilidad de hacer algo para cambiar.
- 2) **Confianza y expectativas en las autoridades:** la confianza en las instituciones puede influir de forma negativa o positiva en las acciones encaminadas a la adaptación. Por un lado, puede existir una confianza y expectativa exagerada en los consejos y acciones que toman las autoridades, de tal forma que las personas tienden a creer que es responsabilidad de las autoridades tomar las acciones necesarias ante un riesgo climático, también es posible encontrar escenarios donde las personas no confían en las autoridades, de tal forma que no se siguen los consejos que estas ofrecen a los ciudadanos.
- 3) **Arraigo al lugar:** el arraigo al lugar juega un papel importante para asumir los riesgos, esto es más evidente cuando los riesgos traen como resultado reubicación de los lugares. Las personas con un alto arraigo al lugar pueden planear y actuar de maneras más efectivas y organizadas ante los riesgos, pero un “excesivo arraigo” puede influir en que las personas decidan quedarse a pesar de las consecuencias del riesgo.
- 4) **Preocupaciones contrapuestas:** en las comunidades con preocupaciones básicas como el difícil acceso a alimentos, agua, vivienda, limita la capacidad para generar planes y acciones ante los riesgos climáticos.
- 5) **Composición y dinámica del lugar:** la composición y roles dentro de los hogares juegan un papel importante en el proceso de adaptación. Entre más acuerdos haya entre los miembros de la familia sobre las estrategias ante los riesgos es posible una mejor adaptación.

Si bien entender y estudiar estos factores sicosociales podría generar respuestas importantes sobre las razones específicas que tienen las personas para adaptarse, nuevamente su enfoque queda muy reducido a una escala local y es complejo el diseño de herramientas para hacer una medición adecuada.

Recientemente, nuevas aproximaciones teóricas se inclinan a entender la capacidad de adaptación a partir de una conjugación de la primera y segunda generación (activos más aspectos sicosociales). Para Barnes et al., (2020) y Cinner et al., (2018) la capacidad de adaptación ante el cambio climático es determinada por seis factores principales: (1) activos (2) flexibilidad (3) capacidad de organización (4) aprender a reconocer el cambio (5) construcciones sociocognitivas y (6) la agencia para determinar si cambiar o no (Figura 3).



Figura 3. Factores de la capacidad de adaptación
Fuente: Barnes et al., (2020)

Si bien la determinación de los factores para medir la capacidad de adaptación son una prioridad para crear consensos clave en la comunidad científica, no solucionan del todo la complejidad del problema. En parte porque la escala sigue siendo un desafío y la mayoría de los estudios se centran en las investigaciones locales. En este sentido el desafío de cara hacia el futuro es la construcción de herramientas que contengan factores estándar, pero que puedan rediseñarse de acuerdo con las problemáticas de cada investigación.

En el presente estudio se consideran los conceptos de capacidad adaptativa, exposición y adaptación en términos de cambio climático, basado en el MEA (2005) e IPCC (2007), respectivamente (más información se describe en el Anexo final). Cabe señalar que la diversidad de productores agrícolas no es fácil de caracterizar, por los múltiples diseños y arreglos de sus unidades de producción, por lo que el presente no debe considerarse un estudio completo e inamovible, si no como una contribución al estudio de la capacidad de adaptación del sector agrícola de México en contexto de cambio climático.

Literatura citada

- Akanbi, R. T., Davis, N., & Ndarana, T. (2021). Assessing South Africa's institutional adaptive capacity to maize production in the context of climate change: Integration of a socioeconomic development dimension. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 17(5), 1056-1069. <https://doi.org/10.1002/ieam.4422>
- Andrijevic, M., Crespo Cuaresma, J., Muttarak, R., & Schleussner, C.-F. (2020). Governance in socioeconomic pathways and its role for future adaptive capacity. *Nature Sustainability*, 3(1), 35-41. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0405-0>
- Barnes, M. L., Wang, P., Cinner, J. E., Graham, N. A. J., Guerrero, A. M., Jasny, L., Lau, J., Sutcliffe, S. R., & Zamborain-Mason, J. (2020). Social determinants of adaptive and transformative responses to climate change. *Nature Climate Change*, 10(9), 823-828. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0871-4>
- Chen, M., Sun, F., Berry, P., Tinch, R., Ju, H., & Lin, E. (2015). Integrated assessment of China's adaptive capacity to climate change with a capital approach. *Climatic Change*, 128(3), 367-380. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1163-7>
- Chepkoech, W., Mungai, N. W., Stöber, S., & Lotze-Campen, H. (2020). Understanding adaptive capacity of smallholder African indigenous vegetable farmers to climate change in Kenya. *Climate Risk Management*, 27, 100204. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100204>
- Choden, K., Keenan, R. J., & Nitschke, C. R. (2020). An approach for assessing adaptive capacity to climate change in resource dependent communities in the Nikachu watershed, Bhutan. *Ecological Indicators*, 114, 106293. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106293>
- Clay, N. (2018). Integrating livelihoods approaches with research on development and climate change adaptation. *Progress in Development Studies*, 18(1), 1-17. <https://doi.org/10.1177/1464993417735923>
- Engle, N. L. (2011). Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change*, 21(2), 647-656. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019>
- Estrada, F., Martínez-López, C. Conde y C., & Gay-García. (2012). The new national climate change documents of Mexico: What do the regional climate change scenarios represent? *Climatic Change* 110: 1029-1046. DOI: 10.1007/s10584-011-0100-2
- Emery M. & Flora C. (2006). *Spiraling-Up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework*, *Community Development*, 37:1, 19-35. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15575330609490152>

- GIZ. (2013). *Rural development and adaptation to climate change: What do we know?* (programs Sustainable Resource Use in Agriculture and Development of Rural Areas, p. 88). GIZ.
- Gutiérrez, I., Emery, M., & Fernández, E. (2009). The Sustainable Livelihoods Approach and the Community Capitals Framework: The Importance of System-Level Approaches to Community Change Efforts. *Community Development*, 40(2), 106-113. <https://doi.org/10.1080/15575330903011785>
- Herrera, M., & Hiscock, K. M. (2015). Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environmental Science & Policy*, 54, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.06.020>
- IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability* (Contributions of working group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambridge University Press.
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate changeal Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (p. 104).
- IPCC. (2018). *IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (Special Report on Climate Change, p. 630). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf
- IPCC. (2022a). *Climate change. Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>
- IPCC, [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem (eds.)]. (2022b). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability—Summary for Policymakers* (The Working Group II Sixth Assessment Report; Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II, p. 35). The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- López, A., & Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: Una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, 83(332), 459-496. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>

- México-INECC. (2015). *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020-2030 (INDC intended Nationally Determined Contribution 2020-2030)* (pp. 19-pp) .
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. Island Press.
- Monterroso, A. I., & Conde, C. (2017). Adaptive capacity: Identifying the challenges faced by municipalities addressing climate change in Mexico. *Climate and Development*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1372264>
- Monterroso R., A. I., Conde, C., Gay, C., Gómez, D., & López, J. (2014). Two methods to assess vulnerability to climate change in the Mexican agricultural sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 19(4), 445-461. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9442-y>
- Mortreux, C., & Barnett, J. (2017). Adaptive capacity: Exploring the research frontier. *WIREs Climate Change*, 8(4), e467. <https://doi.org/10.1002/wcc.467>
- Mortreux, C., O'Neill, S., & Barnett, J. (2020). Between adaptive capacity and action: New insights into climate change adaptation at the household scale. *Environmental Research Letters*, 15(7), 074035. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7834>
- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLOS ONE*, 14(5), e0217148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>
- Raza, A., Razaq, A., Mehmood, S. S., Zou, X., Zhang, X., Lv, Y., & Xu, J. (2019). Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review. *Plants*, 8(2), 34. <https://doi.org/10.3390/plants8020034>
- Ruíz Corral, J. A., Medina García, G., Ramírez Díaz, J. L., Flores López, H. E., Ramírez Ojeda, G., Manríquez Olmos, J. D., Zarazúa Villaseñor, P., González Eguiarte, D. R., Díaz Padilla, G., & Mora Orozco, C. de la. (2011). Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(spe2 Texcoco sep./oct.), 309-323.
- SEMARNAT. (2020). *Contribución Determinada a nivel Nacional: México. Versión actualizada 2020*. (Oficial N.º 2; p. 39). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/348/968_20_Contribucion_Determinada_a_nivel_Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Shukla, P. R., Skeg, J., Buendía, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., Diemen, S. van, Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Pathak, M., Petzold, J., Pereira, J. P., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., ... Malley, J.

(2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*.

Siders, A. R. (2019). Adaptive capacity to climate change: A synthesis of concepts, methods, and findings in a fragmented field. *WIREs Climate Change*, 10(3), e573. <https://doi.org/10.1002/wcc.573>

Thomas, K., Hardy, R. D., Lazrus, H., Mendez, M., Orlove, B., Rivera-Collazo, I., Roberts, J. T., Rockman, M., Warner, B. P., & Winthrop, R. (2019). Explaining differential vulnerability to climate change: A social science review. *WIREs Climate Change*, 10(2), e565. <https://doi.org/10.1002/wcc.565>

CAPÍTULO II. TIPOLOGÍA MULTIDIMENSIONAL DE LOS AGRICULTORES MEXICANOS EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Artículo publicado en la revista Agriculture 2022, 12(8), 1079.

<https://doi.org/10.3390/agriculture12081079>

Resumen

México posee una amplia gama de condiciones biofísicas y socioeconómicas que se traducen en productores agrícolas con características y actividades diversas en sus medios de vida. El objetivo de esta investigación fue identificar rasgos específicos de los productores agrícolas mexicanos que permitieran clasificarlos a través de un enfoque multidimensional que incluye el riesgo de la producción ante la exposición y vulnerabilidad al cambio climático. Se utilizaron tres dimensiones: sensibilidad del productor, destino de la producción y exposición al cambio climático. Para estratificar al universo de productores agrícolas se utilizó la técnica de componentes principales combinados con la técnica de estratificación óptima de Dalenius y Hodges. Los resultados muestran que en México se pueden identificar hasta 227 grupos de productores agropecuarios, y fue posible clasificarlos en 19 tipos, que van desde productores agrícolas con mayor riesgo por los efectos adversos del cambio climático hasta productores agrícolas con menos dificultades para producir en condiciones de cambio climático. Esta propuesta de tipología multidimensional de productores agropecuarios puede convertirse en un insumo fundamental para diseñar, reorientar o focalizar las políticas públicas en el sector agropecuario y avanzar hacia el cumplimiento de los compromisos declarados en la INDC-2030.

Palabras clave: ambiente de producción, clasificación de productores, estratificación de productores, sensibilidad del productor, tipología de productores,

Abstract

Mexico has a wide range of biophysical and socioeconomic conditions that result in farmers with highly diverse traits and activities in relation to their livelihoods. The aim of this research was to identify specific traits of Mexican farmers that would allow them to be classified through a multidimensional approach that includes the risk of production in the face of exposure and vulnerability to climate change. The method included three dimensions: producer sensitivity, production destination, and exposure to climate change. Principal component analysis combined with the Dalenius and Hodges optimal stratification technique was used to stratify the universe of

agricultural producers. The results show that up to 227 groups of agricultural producers can be identified in Mexico, and it was possible to classify them into 19 types, ranging from agricultural producers at greatest risk due to the adverse effects of climate change to agricultural producers with fewer difficulties to produce in conditions of climate change. This proposed multidimensional typology of agricultural producers can become an essential input for designing, reorienting, or focusing public policies in the agricultural sector and moving towards fulfilling the commitments declared in the INDC-2030.

Introducción

El desafío que enfrenta el sector agrícola es garantizar que la población mundial tenga suficientes alimentos disponibles de forma permanente (FAO, 2018). Ante un clima cambiante, los agricultores son muy sensibles al clima, y ellos tienen mayor presión para producir alimentos (Marshall et al., 2014). El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2021) ha confirmado un aumento de 1,1 °C en la temperatura media global. En varios países, incluido México, existe evidencia de las pérdidas de cultivos, productos agrícolas o calidad de los mismos (Estrada et al., 2012; Harvey et al., 2018; López F. & Hernández C., 2016; México-CICC, 2018; Ruíz Corral et al., 2011; Talukder et al., 2021) y en consecuencia incremento en los costos de producción y de distribución (Foley et al., 2011). El cambio climático aumenta desproporcionadamente el riesgo para las actividades agrícolas, lo que requiere que los agricultores tomen las medidas de adaptación adecuadas (IPCC, 2021).

Algunas respuestas para hacer frente a este desafío incluyen agendas globales (Objetivos de Desarrollo Sostenible), nacionales (Contribuciones Nacionales Determinadas) así como subnacionales (Estrategias Estatales de Cambio Climático). En México y utilizando el enfoque de reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático (México-CICC, 2018; SEMARNAT & INECC, 2015) se identificaron poco más de trecientos municipios como territorios muy vulnerables (Gobierno de México, 2014) y el país se ha comprometido a reducir esta condición en al menos la mitad de ellos (México-INECC, 2015a).

En la actualización de las Contribuciones Nacionales el componente de adaptación impulsa sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria (SEMARNAT, 2020). Así, el compromiso requiere de enfoques detallados y precisos para alcanzar las metas hacia el año 2030.

Un vínculo crucial para crear medidas de adaptación precisas y orientadas al grupo objetivo es comprender la estructura de los agricultores y sus tierras (Morris et al., 2017). Cada unidad de producción tiene características climáticas, biofísicas, económicas y sociales particulares. La construcción de tipologías permite la identificación de productores con atributos socioeconómicos comunes y es una herramienta eficiente para

analizar de manera realista las limitaciones y oportunidades de los agricultores (Graskemper et al., 2021; Martin-Collado et al., 2014). Se pueden diseñar soluciones diferenciadas para hacer frente al cambio climático y algunos problemas socialmente problemáticos (Andersen et al., 2007; Hyland et al., 2016; Islam et al., 2021; Karantinini & Zylbersztajn, 2007; Kaur et al., 2021; Shukla et al., 2019; Stringer et al., 2019). Por lo tanto, se vuelve relevante identificar los diferentes grupos de productores que existen en un país o región para determinar la heterogeneidad de los sistemas agrícolas y desarrollar mejores y más efectivas estrategias de adaptación y mitigación climática.

México es el séptimo exportador agroalimentario del mundo y se considera un país particularmente vulnerable al cambio climático (Hannah et al., 2013; 2014 IPCC, 2014; Magrin O., 2015). Este hecho es trascendente ya que el 70% de los 5 millones de unidades productivas son UP familiares de subsistencia (INEGI, 2019). En las últimas tres décadas se han realizado varios estudios sobre el sector agropecuario mexicano en los que los agricultores se han caracterizado por varios enfoques: a nivel nacional y con base en los rendimientos de maíz (CEPAL, 1981), por el ingreso de las unidades económicas (FAO & SAGARPA, 2012), diferenciando la especialización agrícola empleada (Yúnez Naude et al., 2013), o por la superficie dedicada a las actividades primarias (Robles Berlanga, 2013b). A escala regional se han considerado algunas características socioeconómicas y el tipo de manejo de la unidad de producción (García-Fajardo et al., 2016; Reyna et al., 2020; Santos et al., 2014). Los resultados han permitido identificar a gran escala las características que diferencian a un productor pequeño de uno mediano o de un gran productor, basados en la superficie sembrada, sus rendimientos o el destino de la producción. Sin embargo, las características del país como la variedad en ambientes de producción (climas, suelos, parcelas) y riqueza socio cultural (tradiciones, grupos indígenas) indican la idoneidad de la tierra y sus limitaciones para producir rendimientos y cultivos. Si además se incluye el grado de exposición y vulnerabilidad al cambio climático (Monterroso & Conde, 2015) se hace necesario conocer y caracterizar a mayor detalle a los productores agrícolas para que las políticas y los esfuerzos sean mejor dirigidos en el país.

De ahí que México sea considerado entre las diez regiones más prioritarias a nivel mundial para promover la adaptación al cambio climático (Donatti et al., 2017). La exposición al cambio climático se relaciona con el nivel de estrés climático de una unidad de análisis por las variaciones climáticas (IPCC, 2007; O'Brien et al., 2004); en México, se reportan 72 municipios con exposición de media a muy alta y este número podría superar ligeramente los 200 en un futuro próximo (Monterroso & Conde, 2015). La actividad agrícola del país, particularmente la de temporal, se encuentra expuesta a las variaciones climáticas, por lo que es importante incluir este criterio en las clasificaciones de productores para orientar y dirigir mejor las políticas agrícolas. Estimar la capacidad y el potencial que tiene un sistema para enfrentar y adaptarse al cambio climático es un

gran desafío. En especial cuando se trata de personas cuyos medios de subsistencia dependen en gran medida de los recursos naturales o que habitan en tierras marginadas, tal como los pequeños productores agrícolas (IPCC, 2018; México-INECC, 2015).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue proponer una clasificación de productores agrícolas, con enfoque multidimensional que incluyó la exposición y vulnerabilidad al cambio climático de manera empírica. Lo anterior permitirá, en un futuro, estimar la capacidad de adaptación de cada grupo de productores y regiones del país para diseñar alternativas de apoyo y políticas públicas priorizadas. El manuscrito se presenta de la siguiente manera: en primer lugar, se describe el proceso metodológico que se desarrolló en tres etapas (conceptualización y justificación de la tipología, preparación de datos e indicadores y análisis estadístico). Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos a partir de la clasificación de productores con base en el método de Dalenius y Hodges. A continuación, se comentan los hallazgos más relevantes y, por último, se exponen las conclusiones.

Materiales y métodos

Marco referencial y límites de la clasificación

Se realizó una revisión documental para determinar los diferentes tipos de productores y explorar cómo han sido clasificados en México. La primera tipología, CEPAL (1981), se basó en los rendimientos de maíz de temporal y de riego por entidad, haciéndolos comparables con base en la Equivalencia Temporal Nacional (ETN). Soto Baquero et al., (2007) posteriormente clasificó a los hogares dedicados a la agricultura familiar (AF) en agrupaciones de subsistencia, de transición o consolidadas. FAO & SAGARPA (2012) estratificaron a los productores utilizando como criterio principal los ingresos que obtiene cada Unidad Económica Rural (UER, denominadas UP en adelante) por la venta de sus productos agropecuarios. El argumento para utilizar el ingreso es que permite determinar el tamaño económico de cada unidad de producción en función de su propio desempeño. Yúnez Naude et al. (2013) se centraron en AF haciendo la diferenciación entre sistemas especializados (AFE) y pluriactivos (AFP). Robles Berlanga (2013) clasificó a los pequeños y medianos productores en función de la superficie dedicada a la producción primaria de agricultura y ganadería. Santos Chávez et al., (2014) y Reyna-Ramírez et al., (2020) clasificaron algunas regiones mexicanas según características socioeconómicas y el manejo de la unidad productiva. Más recientemente, Coronado-Minjarez et al. (2019) realizaron una propuesta de clasificación considerando la multidimensionalidad de los productores agropecuarios del Altiplano Occidental Potosino (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipologías de productores agrícolas en México y principales características.

Autor	Escala de clasificación	Criterio central	Número de tipos definidos	Principales variables utilizadas
CEPAL, 1981	Nacional	Rendimiento de maíz y Equivalencia Temporal Nacional	11	Reproducción social. Número de jornales contratados. Equivalente de temporal nacional. Ingresos agropecuarios. Valor del capital pecuario.
Soto Baquero et al, 2007	Nacional	Agricultura familiar	3	Ingreso familiar del hogar agropecuarios y no agropecuarios. Tamaño de parcela.
FAO & SAGARPA, 2012	Nacional	Ingreso por ventas de productos agropecuarios	6	Características socioeconómicas Ingresos. Tecnología en la producción. Activos productivos
Yúnez Naude et al., 2013	Nacional	Agricultura familiar	2	Trabajo familiar/mano de obra.
Robles Berlanga, 2013	Nacional	Superficie dedicada	3	Tamaño del terreno. Número de cabezas de ganado.
Santos Chávez et al., 2014	Local (Texcoco, México)	Rasgos sensibles a la toma de decisiones en términos de política pública	4	Estructura de ingresos agropecuarios y no agropecuarios. Mano de obra familiar.
Coronado-Minjarez et al., 2019	Regional (Altiplano potosino)	Multidimensionalidad de los productores	5	Variables Económicas, Productivas, Tecnológicas, Sociales, no agropecuarias y de mercado.
Reyna-Ramírez et al., 2020	Regional (mixteca y altiplano guatemalteco)	Ingresos familiares Trabajo familiar	5	Capacidad de inversión, Remesas, tipo de trabajo (fuera y dentro de la unidad de producción) y actividad pecuaria.
Este estudio	Nacional	Sensibilidad del productor Destino de la producción Riesgo de producción por clima	19	Tenencia de la tierra; Infraestructura de riego; Número de actividades que realizan en la UP; Ingresos por venta de productos agropecuarios; Exposición actual y futura al cambio climático

Las clasificaciones anteriores utilizan principalmente criterios socioeconómicos, de superficie o de rendimiento. Se han omitido la idoneidad de la tierra, su capacidad de producción actual y futura. También se han excluido aspectos culturales y de producción cultural y cosmovisiones. Incluir criterios prospectivos es un desafío ya que son parte de las características que los productores deben integrar a la producción agropecuaria, así como las políticas deben integrarlos en sus programas (subsidios) para asegurarse de que no fracasen (Monterroso & Conde, 2017). Esta propuesta explora una tipología de

productores que permita identificar características comunes y retos similares para hacer frente a cambio climático. Particularmente busca una tipología orientada a impulsar la capacidad de adaptación al cambio climático. Los estudios de clima, variabilidad y cambio climático responden a preguntas como ¿a qué se deben adaptar los productores? Ejercicios como el presente responden a cuestiones como ¿cuáles son las características de los productores que deben ser atendidas para impulsar la adaptación?

El país comprende 32 estados, que a su vez se dividen en 2469 municipios y 189,000 localidades (se considera 'localidad' todo lugar ocupado con una o más viviendas, y pueden estar o no habitadas; según sus características, y para efectos estadísticos, las localidades se clasifican en urbanas y rurales (INEGI, 2020). Así, la escala de análisis seleccionada fue la localidad, ya que permite dimensionar mejor lo que ocurre dentro de los municipios. México tiene una superficie territorial de 198 millones de hectáreas, de las cuales 133.62 millones de hectáreas se ocupan para realizar actividades primarias como agricultura, ganadería, silvicultura y recolección, acuacultura y pesca (SAGARPA-SIAP, 2020). Para esta investigación todas ellas son incluidas como sector agrícola.

Un criterio clave en la composición de la tipología de productores fue que la información a utilizar fuera de fuentes nacionales, oficiales y de acceso abierto. La multidimensionalidad se refiere a: 1) el ambiente de producción que define la sensibilidad del productor; 2) características y atributos de las Unidades Económicas Rurales, así como el destino de su producción, y 3) riesgo de producción por exposición climática, entendiendo por riesgo “la naturaleza y el grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas significativas” (IPCC, 2014) (Figura 1).

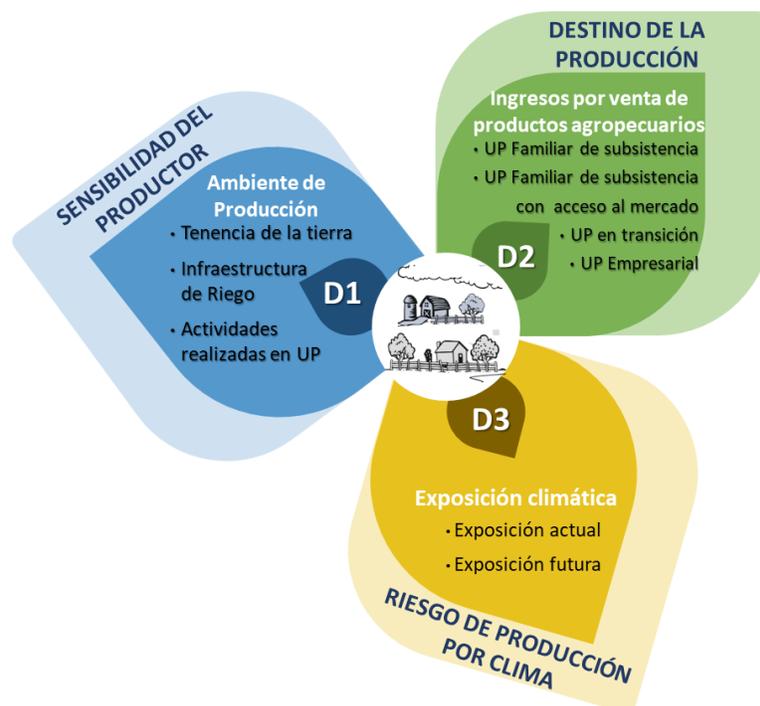


Figura 1. Dimensiones incluidas en la tipología Multidimensional de los agricultores mexicanos

Datos e indicadores

La dimensión “sensibilidad del productor” está determinada por el entorno de producción; se refiere a la fragilidad de los productores agrícolas al momento de realizar sus actividades debido a las condiciones disponibles en su unidad de producción (este concepto no hace referencia a la sensibilidad como componente de la vulnerabilidad al cambio climático). Las variables utilizadas fueron: 1) tenencia de la tierra, 2) infraestructura de riego y 3) el número de actividades primarias. La tenencia de la tierra considera si el productor contaba con terreno propio o rentado. La infraestructura de riego se refiere a la disponibilidad (o no) de tecnología de riego en la unidad de producción. Y las actividades primarias se refieren al número de actividades que los agricultores declaran realizar en la unidad de producción. Los datos analizados para estas tres variables fueron extraídos de la línea base de los programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, una muestra representativa de las Unidades Económicas Rurales (UER) del Sector Agropecuario y Pesquero de México. Esta línea base representaba el universo de 5,424,430 UER (según el factor de expansión utilizado) (FAO & SAGARPA, 2012a); sin embargo, para efectos de este estudio se clasificaron 4,875,514 unidades de producción (UP), ya que se consideraron a aquellas unidades con dedicación a actividad(es) primaria(s)-. Esta línea base contiene además información socioeconómica relevante que se utilizó para describir cada grupo (edad, escolaridad y ubicación geográfica).

La dimensión “destino de la producción” describe las unidades de producción basada en el ingreso que los productores obtienen de la venta (o no) de productos provenientes de actividades primarias. La fuente de información fue la estratificación de unidades económicas rurales definidas por FAO & SAGARPA (2012). Considera seis grupos, dos de ellos de agricultura familiar de subsistencia, uno de agricultura de transición y tres de agricultura empresarial. Información adicional se presenta en el cuadro 5.

La dimensión de “riesgo de la producción por exposición climática y de cambio climático” considera la presencia de personas y actividades primarias que se ven o podrían verse afectadas negativamente por cambio climático (IPCC, 2007). La exposición a fenómenos climáticos se tomó de Monterroso-Rivas et al. (2018) quienes consideran existencia de eventos extremos (presencia de inundaciones, heladas y granizo, total de las fuertes lluvias, derrumbes totales o sequías del 2005-2015); problemas ambientales (tala ilegal, incendios, plagas, pérdida de biodiversidad y contaminación del agua, etc.) y clima futuro. Esta dimensión explora las principales amenazas que ponen en riesgo los medios de vida de los productores agrícolas.

Análisis estadístico

La integración estadística se desarrolló en dos momentos: el primero al interior de cada dimensión y después, integrando las tres dimensiones para obtener una tipología única de productores.

Dimensiones de Sensibilidad, Destino y Riesgo. Para la dimensión de sensibilidad del productor se integraron las tres variables de tenencia, infraestructura de riego y total de actividades desarrolladas se combinaron en la dimensión de sensibilidad del productor mediante un análisis cualitativo-cuantitativo, con el apoyo de una tabla de entrada triple (Cuadro 2). Este proceso consistió en identificar el nivel de sensibilidad del productor para realizar una actividad primaria en base a las tres variables. Se asignaron valores a cada variable. El valor más alto (5) fue para la condición que hace al productor más susceptible, y el valor más bajo (1) fue para cuando hace al productor menos susceptible; posteriormente se calculó la suma algebraica de los valores para obtener una calificación final.

Cuadro 2. Clasificación de once niveles de sensibilidad de los productores

Tenencia de la tierra	Tipo de Producción	Total de actividades realizadas				
		Solo una actividad principal	Agricultura y Otra Actividad Primaria	Dos actividades primarias	Tres actividades primarias	Más de tres actividades primarias
Sin tierra propia	Ni de temporal, ni de riego	S1	S2	S3	S4	S5
Terreno rentando	Ni de temporal, ni de riego	S2	S3	S4	S5	S6
	Temporal	S3	S4	S5	S6	S7
	Riego	S4	S5	S6	S7	S8
	Temporal y Riego	S5	S6	S7	S8	S9
Terreno propio	Ni temporal, ni riego	S3	S4	S5	S6	S7
	Temporal	S4	S5	S6	S7	S8
	Riego	S5	S6	S7	S8	S9
	Temporal y Riego	S6	S7	S8	S9	S10
Terreno propio y rentado	Ni de temporal, ni riego	S4	S5	S6	S7	S8
	Temporal	S5	S6	S7	S8	S9
	Riego	S6	S7	S8	S9	S10
	Temporal y Riego	S7	S8	S9	S10	S11

La gama de colores, desde los tonos rojos hasta los verdes, muestra las diferentes clases de sensibilidad del productor: desde la sensibilidad más alta (S1) hasta la más baja sensibilidad del productor (S11).

Para la dimensión de destino de la producción se tomaron las seis categorías definidas por FAO & SAGARPA (2012): familiar de subsistencia, familiar de subsistencia con acceso a mercado, transición, empresarial, empresarial pujante y empresarial dinámico. Para la dimensión del riesgo de producción, determinado por la exposición climática y al cambio climático, también se tomaron las cinco clases propuestas por Monterroso & Conde (2015): muy alta, alta, media, baja y muy baja exposición. Cabe señalar que la exposición está en función de la frecuencia de eventos extremos experimentados, de los problemas ambientales observados y del comportamiento futuro de dos variables climáticas, la temperatura y la precipitación.

Tipología de productores. Las variables en la tipología de productores incluyeron: 1) el ambiente de producción que define la sensibilidad del productor, 2) las características y atributos de las Unidades Económicas Rurales, así como el destino de su producción, y 3) el riesgo de producción por exposición climática previamente definido (Figura 1). Se asignaron valores a las variables para categorizarlas; el valor más alto (5) es para los productores que tienen la condición menos favorecida para realizar actividades primarias y el valor más bajo (1), en cambio, refleja las condiciones más favorables (Cuadro 3, columna de valor). Finalmente, se realizó una suma algebraica de los valores para obtener una calificación final y se estandarizaron los valores.

Cuadro 3. Dimensiones y variables consideradas en la tipología de productores

DIMENSIÓN Variable	Código	Valor	Unidades de producción encuestadas *	Unidades de Producción en el País **
(A) DIMENSIÓN DE SENSIBILIDAD DEL PRODUCTOR				
<i>Actividades primarias</i>				
Una sola actividad principal	AP1	5	14,897	2,910,089
Agricultura y otra actividad primaria	AP2	4	6715	1,373,649
Dos actividades principales	AP3	3	663	109,045
Tres actividades principales	AP4	2	1481	411,532
Más de tres actividades principales	AP5	1	162	71,199
<i>Tenencia de la tierra</i>				
Sin terreno propio	T1	4	387	72,112
Terreno rentado	T2	3	1249	266,154
Terreno propio	T3	2	20,633	4,249,864
Terreno propio más rentado	T4	1	1649	287,383
<i>Tipo de producción</i>				
Ni de temporal, ni de riego	TP1	4	802	151,764
Únicamente de temporal	TP2	3	17,321	3,802,828
Únicamente riego	TP3	2	4055	596,084
Temporal y Riego	TP4	1	1740	324,838
(B) DIMENSIÓN DESTINO DE PRODUCCIÓN				
Familiar de subsistencia	E1	4	3635	919,408
Familiar de subsistencia con mercado	E2	3	11,904	2,602,916
Transición	E3	2	2416	415,371
Empresarial	E4	1	2945	498,661
Empresarial pujante	E5	1	2881	423,421

Empresarial dinámico	E6	1	137	15,736
C) DIMENSIÓN DEL RIESGO DE PRODUCCIÓN (Exposición al cambio climático)				
Muy alta exposición	CC1	5	179	67,519
Alta exposición	CC2	4	730	176,126
Media exposición	CC3	3	6882	1,587,013
Baja exposición	CC4	2	12,240	2,246,371
Muy baja exposición	CC5	1	3887	798,486

* Se refiere al número de unidades de producción entrevistadas en SAGARPA-FAO (2012a). Las unidades de producción se definen como el conjunto de terreno(s), maquinaria, equipo y otros bienes que el productor utiliza para realizar sus actividades agropecuarias. El estudio se basa en 23,918 entrevistas a UP en todo el país.

** Es el número estimado de unidades de producción que están representadas para cada condición en el país.

Se realizó un análisis de componentes principales combinado con la técnica de estratificación óptima de Dalenius & Hodges (1959) para clasificar los tipos de productores (consulte el Anexo 1 obtener una breve descripción de PCA). Se aplicó el modelo de estratificación óptima de Dalenius y Hodges a los datos obtenidos para el primer componente principal (PC1) (Castellanos-Potenciano et al., 2015; Díaz-Padilla et al., 2012). Es una técnica estadística de mejor calidad discriminatoria en la construcción de un indicador, utilizada por algunas instituciones internacionales y nacionales para la estratificación de índices como el Índice de Desarrollo Humano (PNUD) o el Índice de Marginación (CONEVAL). Ruiz et al., (2020) afirman que es un método eficiente para la estratificación de productores agropecuarios, ya que minimiza la varianza entre grupos de productores. Los datos del CP1 fueron ordenados de manera ascendente, se agrupan las observaciones en J clases, donde $J = \min(L * 10, n)$; se calculó el número de intervalos adecuados y los límites para cada clase según fórmulas 1 y 2:

$$\lim \inf C_{(k)} = \min\{x_{(i)}\} + (k - 1) * \frac{\max\{x_{(i)}\} - \min\{x_{(i)}\}}{J} \quad (1)$$

$$\lim \sup C_{(k)} = \min\{x_{(i)}\} + (k) * \frac{\max\{x_{(i)}\} - \min\{x_{(i)}\}}{J} \quad (2)$$

Una vez determinados los límites se obtuvo la frecuencia de casos de cada clase $f_i (i = 1, \dots, J)$ y se calculó la raíz cuadrada de la frecuencia de cada clase (fórmula 3). Posteriormente se acumuló la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$C_i = \sum_{h=1}^i \sqrt{f_n} (i = 1, \dots, J) \quad (3)$$

Finalmente se dividió el último valor acumulado entre el número de estratos (Gunning et al., 2004)

$$Q = \frac{1}{L} C_J \quad (4)$$

Resultados

Sensibilidad de los productores. Se identificaron 11 clases de sensibilidad de los productores agrícolas en México. Las principales características que se encontraron para las clases de sensibilidad se presentan en el Cuadro 4. Estas se obtuvieron de la combinación de las tres variables: tenencia de la tierra, infraestructura de riego y total de actividades realizadas en la unidad de producción (Cuadro 2). La clase de mayor sensibilidad (S1) está compuesta por aquellos productores sin tierra propia que manifestaron tener una sola actividad primaria y no tener infraestructura para la agricultura de riego o temporal. Por el contrario, los productores menos sensibles (clase 11) son aquellos que manifestaron tener más de tres actividades primarias, producir bajo condiciones de riego y temporal, y poseer tierras y arrendar otras parcelas. Esta dimensión de sensibilidad del productor logra identificar las diferentes condiciones sociales, económicas y ambientales que los productores tienen para realizar sus actividades primarias.

Cuadro 4. Principales características de los once tipos de sensibilidad del productor identificados en el presente estudio

Clase	Descripción	Principales Características
S1	Condiciones muy limitadas y de muy alta sensibilidad	Ambiente donde el productor no cuenta con terreno propio, fuerza de trabajo familiar, en una actividad primaria de temporal en terreno rentado o en traspatio.
S2	Condiciones limitadas y muy alta sensibilidad	Ambiente en el que el productor no cuenta con terreno propio, realiza agricultura de temporal predominantemente y algunas veces otra actividad primaria de temporal (de forma paralela o combinada).
S3	Condiciones limitadas y de alta sensibilidad	Ambiente en el que el productor no cuenta con terreno propio, realiza de una a dos actividades primarias de temporal dentro de un espacio rentado o en el traspatio.
S4	Condiciones mínimas para la diversificación y altamente sensible	Ambiente donde el productor cuenta con posibilidades para diversificar hasta en tres actividades primarias mayormente de temporal. Algunos productores cuentan con terreno propio, la mayoría tiene que rentar.
S5	Condiciones mínimas para la diversificación con sensibilidad media	Ambiente donde el productor cuenta con terreno propio o con posibilidades de rentar un espacio para realizar desde una o más de tres actividades mayormente de temporal.
S6	Condiciones favorables y sensibilidad media	Ambiente de sensibilidad media; las condiciones son más favorables que en las clases anteriores. Hay algunos productores que no cuentan con terreno propio, pero sí con los recursos para rentar una parcela y pueden realizar dos o tres actividades primarias. Hay otros productores que cuentan con terreno propio, pueden realizar desde una a tres actividades primarias en la misma parcela. Y algunos otros, la minoría, tienen una parcela propia y la posibilidad de rentar

		una fracción extra para realizar de una a dos actividades primarias (riego y temporal).
S7	Condiciones favorables y baja sensibilidad	Ambiente de sensibilidad baja, considerando que en esta categoría el productor tiene terreno propio o las posibilidades de rentar una fracción de tierra para realizar de una a tres actividades primarias o más, pueden ser de temporal o de riego.
S8	Condiciones muy favorables y baja sensibilidad	Ambiente de baja sensibilidad, donde el productor cuenta con terreno propio, rentado o ambos; realiza de dos a más de tres actividades primarias y la mayoría disponen de tecnología para riego.
S9	Condiciones muy favorables y muy baja sensibilidad	Ambiente de muy baja sensibilidad, en esta categoría se encuentran productores con terreno propio, incluso con posibilidades de rentar una fracción extra para realizar dos o más actividades primarias, su producción no depende estrictamente del temporal, ya que cuentan con tecnología de riego, pero pueden realizar ambas.
S10	Condiciones muy favorables y sensibilidad mínima	Ambiente de mínima sensibilidad, ya que en esta categoría se encuentran los productores con condiciones muy favorables: terreno propio y rentado, cuentan con tecnología para riego, pero algunos pueden producir de temporal o ambas. Regularmente realizan más de tres actividades primarias.
S11	Condiciones sumamente favorables	Ambiente con las mejores condiciones, en esta categoría los productores cuentan con los recursos suficientes para rentar terreno extra o producir en su parcela más de tres actividades primarias con tecnología de riego, o si así lo prefiere puede producir en temporal, pero no está sujeto al temporal.

Destino de la Producción. Se consideraron los seis estratos mostrados en el Cuadro 5. Esta estratificación realizada utilizando FAO & SAGARPA (2012) se basó en la agrupación de agricultores según el destino de la producción, donde la principal variable utilizada fue el ingreso obtenido por las UER por la venta de sus productos agrícolas o pesqueros. Tomamos como base esta fuente de información ya que los datos se obtuvieron de una encuesta directa a productores agropecuarios y es una muestra representativa de las unidades de producción en México.

Cuadro 5. Estratificación de Unidades Económicas Rurales (UER), utilizadas en el presente estudio.

Estrato	Características principales
I. UER Familiar de subsistencia sin vinculación al mercado	El objetivo de su producción no es el mercado; destinan la totalidad de su producción para cubrir las necesidades alimenticias de la familia y, en ocasiones, suele no ser suficiente. Los productores de este estrato no consideran relevantes las actividades agropecuarias para su generación de ingreso y dependen de la diversificación de actividades fuera de la UER. Los productores utilizan mano de obra familiar principalmente.
II. UER Familiar de	Es el estrato que predomina en el campo mexicano y se caracterizan por contar con ingresos bajos. Destinan pequeños excedentes de producción

subsistencia con vinculación al mercado	agropecuaria al mercado, venden su fuerza de trabajo fuera de la UER e incursionan en actividades no agropecuarias tales como pequeñas tiendas y tortillerías, entre otras. Al igual que las UER del Estrato E1, éstos se encuentran en situación de pobreza, lo que les impide emprender actividades generadoras de ingresos suficientes para el desarrollo de la familia. Los productores utilizan mano de obra familiar principalmente.
III. UER en transición	Estas UER obtienen ingresos por la venta de productos agropecuarios, los cuales son suficientes para cubrir las necesidades básicas de una familia; sin embargo, los productores de este grupo comercializan sus productos de forma individual, el nivel tecnológico y el desarrollo de capacidades es bajo, y su principal problema es que la rentabilidad es débil en su pequeño negocio.
IV. UER Empresarial con rentabilidad frágil	Estas UER tienen un carácter empresarial, a diferencia de los otros tres, pero su rentabilidad frágil. Estas UER son las principales proveedoras de los mercados regionales. El principal problema que presentan es la rentabilidad frágil, ya que si bien la mitad de las UER de este estrato tienen una relación beneficio-costos mayor a 1, el 61.1% de las UER del Estrato no supera la relación necesaria para cubrir el costo de oportunidad del capital. Las UER tienen baja capacidad de gestión empresarial.
V. UER Empresarial pujante	Se trata de grandes empresas que concentran sus actividades en el ramo agropecuario. Estas UER se concentran en el mercado nacional donde los márgenes de ganancia han sido afectados por el entorno macroeconómico adverso. El principal problema de ellas es la competitividad frágil.
VI. UER Empresarial dinámico	Son UER de escala considerable que podrían compararse con empresas de la industria. Estas obtienen el 100% de sus ingresos de actividades primarias, principalmente realizan agricultura y ganadería. Su ubicación es en zonas de baja marginación; pueden comercializar en mercados a nivel nacional como internacional.

Fuente: Basado en el diagnóstico del sector rural y pesquero de México (FAO & SAGARPA, 2012)

Riesgo de producción por exposición al cambio climático. El cuadro 6 muestra los grados de exposición al cambio climático en México, adaptados de los resultados de Monterroso y Conde (2015). La clasificación consideró la ocurrencia de eventos extremos, problemas ambientales y proyecciones de cambio climático en términos de temperatura y precipitación.

Cuadro 6. Grados de exposición al cambio climático en municipios de México.

Exposición	Descripción
<i>Muy alta exposición</i>	En el periodo comprendido entre 1980 y el año 2000 se observaron más de 10 inundaciones, más de siete heladas o granizadas, más de dos lluvias fuertes e incluso también más de tres eventos de deslizamientos de tierra. También son municipios que tienen un 18% o más de su superficie sin algún tipo de vegetación y más del 67 por ciento de sus unidades de producción han reportado pérdidas por cuestiones climáticas y más del 30 por ciento reporta pérdidas por falta de fertilidad en sus suelos. La superficie municipal que se dedica al sector primario es mayor al 70 por ciento. Los escenarios futuros de cambio climático señalan un aumento de temperatura de más de 2°C en el periodo estudiado y una reducción mayor a 50 milímetros de lluvia.

<i>Alta exposición</i>	En el periodo comprendido entre 1980 y el año 2000 se observaron más de seis inundaciones, más de dos heladas o granizadas, más de dos lluvias fuertes e incluso también más de un evento de deslizamientos de tierra. También son municipios que tienen un 15 por ciento o más de su superficie sin algún tipo de vegetación y más del 56 por ciento de sus unidades de producción han reportado pérdidas por cuestiones climáticas y más del 25 por ciento reporta pérdidas por falta de fertilidad en sus suelos. La superficie municipal que se dedica al sector primario es mayor al 65 por ciento. Los escenarios futuros de cambio climático señalan un aumento de entre 1.5 y 2°C en el periodo estudiado y una reducción en precipitación de entre 20 y 50 milímetros.
<i>Media exposición</i>	En el periodo comprendido entre 1980 y el año 2000 se observaron más de dos inundaciones, más de una helada o granizada, más de una lluvia fuerte y un evento de deslizamientos de tierra. También son municipios que tienen un 10 por ciento o más de su superficie sin algún tipo de vegetación y más del 45 por ciento de sus unidades de producción han reportado pérdidas por cuestiones climáticas y más del 14 por ciento reporta pérdidas por falta de fertilidad en sus suelos. La superficie municipal que se dedica al sector primario es del 50 por ciento. Los escenarios futuros de cambio climático señalan un aumento de entre 1.3 y 1.5°C en el periodo estudiado y una reducción en precipitación de entre 15 y 20 milímetros.
<i>Baja exposición</i>	En el periodo comprendido entre 1980 y el año 2000 se observaron una inundación, una helada o granizada, una lluvia fuerte y uno o menos de un evento de deslizamientos de tierra. También son municipios que tienen menos del 10 por ciento de su superficie sin algún tipo de vegetación, el 35 por ciento de sus unidades de producción han reportado pérdidas por cuestiones climáticas y más del 8 por ciento reporta pérdidas por falta de fertilidad en sus suelos. La superficie municipal que se dedica al sector primario es del 40 por ciento. Los escenarios futuros de cambio climático señalan un aumento de entre 1.3 y 1.5°C en el periodo estudiado y una reducción en precipitación de entre 15 y 20 milímetros.
<i>Muy baja exposición</i>	En el periodo comprendido entre 1980 y el año 2000 se observaron una inundación, una helada o granizada, una lluvia fuerte y uno o menos eventos de deslizamientos de tierra. También son municipios que tienen menos del 5 por ciento de su superficie sin algún tipo de vegetación, menos del 30 por ciento de sus unidades de producción han reportado pérdidas por cuestiones climáticas y menos del 8 por ciento reporta pérdidas por falta de fertilidad en sus suelos. La superficie municipal que se dedica al sector primario es menor del 40 por ciento. Los escenarios futuros de cambio climático señalan un aumento igual o menor de 1.3°C en el periodo estudiado y una reducción en precipitación menor de 15 milímetros.

Fuente: Adaptado de Monterroso 2015

Tipología de productores en contexto de cambio climático. Con base en la combinación de las tres dimensiones (sensibilidad del productor, destino de la producción y riesgo de producción por exposición al cambio climático), se encontró que existen hasta 227 grupos específicos de productores en México; sin embargo, debido a que no es práctico trabajar con una tipología con tantos grupos, se utilizó la técnica de estratificación óptima de Dalenius; logrando clasificar el universo de grupos específicos en 19 tipos de productores agropecuarios. Esta tipología multidimensional permite identificar los diferentes matices que existen entre: a) Productores familiares de subsistencia (tipos T1 a T6), b) Productores familiares con ingresos agrícolas (tipos T7 a T9), c) Productores en transición (tipos T10 y T11) y d) Productores empresariales (tipos T12 a T19) (Cuadro 7 y Anexo 2).

Cuadro 7. Tipos de productores identificados mediante la Tipología Multidimensional

TIPO	NOMENCLATURA	
T1	Productor familiar de subsistencia	Con muy alta sensibilidad y nivel medio de exposición al cambio climático
T2		Con muy alta sensibilidad y nivel bajo de exposición al cambio climático
T3		Con muy alta sensibilidad y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático
T4		Altamente sensible y nivel bajo a medio de exposición al cambio climático
T5		Con condiciones mínimas para la diversificación, altamente sensible y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T6		Con condiciones mínimas para la diversificación, de sensibilidad media-alta y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático
T7	Productor familiar con ingresos agrícolas	De sensibilidad media-alta y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T8		Con ingresos agrícolas, sensibilidad media y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T9		Con ingresos agrícolas, sensibilidad baja-media y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T10	Productor en transición	con sensibilidad media-alta y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T11		De sensibilidad baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T12	Productor empresarial	De baja rentabilidad, sensibilidad baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T13		Con sensibilidad muy baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T14		De sensibilidad baja y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T15		De sensibilidad muy baja-baja y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T16		De sensibilidad mínima-baja y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático
T17		De sensibilidad muy baja y nivel bajo de exposición al cambio climático
T18		De sensibilidad mínima y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T19		De sensibilidad mínima y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático

El tipo T1 es el grupo más frágil ante las condiciones de producción y riesgo al cambio climático, en tanto que el grupo T19 es el que observa mejores condiciones para realizar actividades primarias. Los grupos T5, T7 y T8 predominan con más de 2.4 millones de productores (Figura 2)

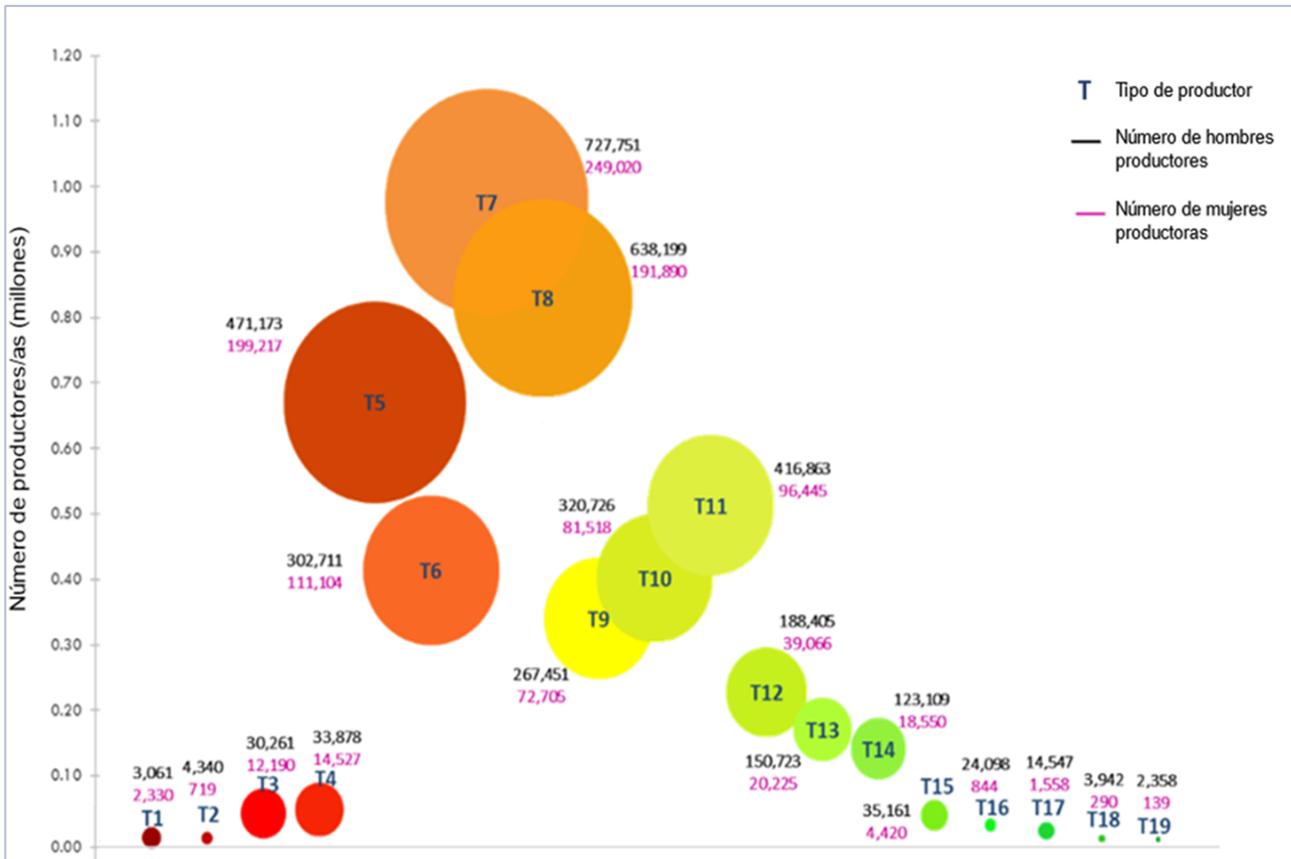


Figura 2. Tipos de productores (T) y productores totales en cada grupo.

La mayoría de los productores se dedican a la agricultura, produciendo de entre 1 y 5 especies de cultivos agrícolas, con excepción de los grupos T1 y T2, que producen principalmente ganadería de traspatio, realizan recolección o pesca. Al menos un 30% de los de los grupos T3-T19 producen una a tres especies pecuarias y un 19% de los productores de los grupos T5 – T19 cultiva de una a tres especies perennes (Anexo 3).

La distribución geográfica de los diferentes grupos de productores en cada estado es diversa, se identificaron entre 13 y 18 tipos en cada estado. Los estados de Guerrero, Michoacán y San Luis Potosí son los que presentan la mayor diversidad (18 tipos), predominando T7, T8, T10 y T11; en tanto que los estados de Campeche, Durango, Tabasco y Baja California presentan menor diversidad en tipos (13 diferentes tipos, predominando T5, T6, T7 y T8; y T10 y T11 para el caso de Baja California) (Figura 3).

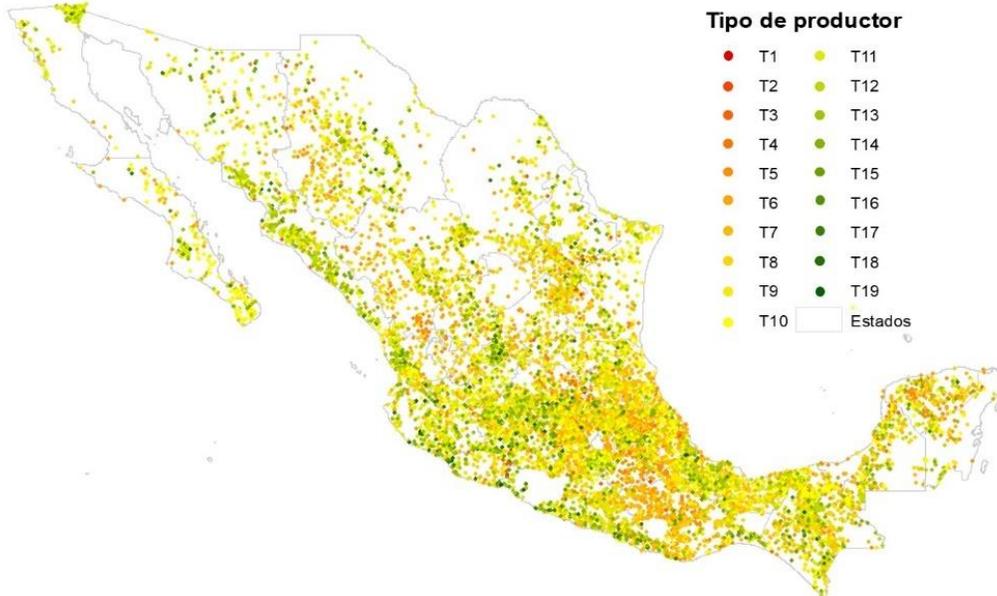


Figura 3. Distribución geográfica de los principales tipos de productores (T1-T19).

Los tipos con mayor representatividad en el país son del T5-T8 y de T10-T11; T12 y T13 para los estados de Sonora y Sinaloa, y T14 para el estado de Nuevo León. De los estados con mayor número de unidades de producción (Oaxaca, Chiapas, Guerrero y Veracruz), predominan los tipos T5-T8 (Anexo 4).

Respecto a la educación, se encontró que la mayoría de los productores de los grupos T3 a T15 cuentan con algún grado de educación primaria; en contraste con los grupos T16 a T19 se observó que al menos una cuarta parte cursaron el nivel de secundaria o incluso cuentan con una licenciatura. Los grupos T1 y T2 están conformados por productores sin algún grado de educación formal (Anexo 4).

Discusión

Condiciones que determinan el nivel de sensibilidad de los productores agrícolas mexicanos. El nivel de sensibilidad está determinado por una combinación de tres factores: la tenencia de la tierra, la infraestructura de riego y la diversificación de las actividades productivas. A medida que cambian las condiciones climáticas, los productores deben adaptar sus métodos de producción de acuerdo con sus posibilidades; bajo estas circunstancias cambiantes, el entorno de producción puede marcar la diferencia.

La tenencia de la tierra juega un papel importante en el desarrollo de los productores. Les permite diseñar y planificar decisiones a largo plazo sobre la gestión de unidades productivas. También garantiza su inversión y les brinda seguridad para implementar innovaciones tecnológicas en la unidad productiva. Todo esto fortalece las condiciones de producción, afecta la calidad del producto y contribuye a que los productores mejoren

su capacidad de adaptación. La tenencia insegura de la tierra es una restricción crucial en la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones (Holland et al., 2017).

En México la mayor parte de los productores cuenta con terreno propio para producir (87%), sin embargo, existe una diferencia considerable en el tipo de propiedad: por un lado, la mayoría de los pequeños productores cuentan con parcelas ejidales o terrenos comunales (Amaro-Rosales & de Gortari-Rabiela, 2016; Morett-Sánchez et al., 2017), lo que los hace más sensibles; en tanto que los productores empresariales tienen terrenos privados principalmente, además tienen la posibilidad de aumentar la superficie de producción mediante el arrendamiento de terrenos extra (6%), lo que los hace menos sensibles. El 7% restante de productores no cuentan con terreno propio, por lo que tienen que alquilar un espacio para realizar sus actividades productivas para su subsistencia.

Ante los impactos del cambio climático, los productores con tenencia privada de la tierra pueden tomar acciones de adaptación de manera rápida e individual; mientras que los productores con parcelas ejidales no siempre pueden actuar de manera individual, para acciones mayores, dependen de sinergias sociales a nivel ejidal o comunitario. Esta situación implica, entre otras cosas, que las políticas enfocadas al sector agrícola para productores de tierra ejidal en el componente agropecuario que involucren a los productores que utilizan tierras ejidales deberían tener un enfoque territorial (Fernández L. et al., 2019; Hernández Cortés, 2009).

La segunda condición es la infraestructura de riego. De acuerdo con los resultados de esta investigación, al menos un 78% de los productores realizan actividades primarias de temporal (aproximadamente 3.82 millones); en contraste, un 12% (596 mil productores) cuenta con sistemas de riego, de los cuales 305 mil productores corresponden a grupos de productores empresariales y de baja sensibilidad, y el 10% cuenta con las condiciones necesarias para desarrollar actividades de temporal y de riego en sus unidades de producción.

Esta condición combinada con una tenencia de tierra propia permite a los productores ser mucho menos frágiles que aquellos productores que no tienen asegurada la tenencia de la tierra o dependen del temporal para producir. Cabe señalar, que la superficie de la tierra es otro factor que puede influir en el desarrollo de uno más actividades primarias dentro de una unidad de producción (Amaro-Rosales & de Gortari-Rabiela, 2016).

La tercera condición en el ambiente de producción es la diversificación de las actividades primarias. En las últimas décadas, la baja productividad de los cultivos agrícolas y los bajos precios de los productos agropecuarios, especialmente para los pequeños productores, los han obligado a diversificar sus actividades primarias y se han vuelto multifuncionales como un mecanismo de resiliencia (Coronado-Minjarez et al., 2019; De Grammont & Martínez Valle, 2009); incluso han tenido que incursionar en otras actividades asalariadas para complementar los ingresos del hogar (Camarero et al., 2020).

Ante un entorno cambiante, social y ambientalmente, la diversificación de actividades es una forma inteligente de aprovechar el recurso suelo y de mejorar la capacidad de

adaptación de los productores. La diversificación de actividades ofrece a los productores un mayor número de estrategias de gestión del riesgo y opciones para adaptarse a los efectos del cambio climático (FAO, 2018).

Los productores agrícolas y el contexto de cambio climático. En los últimos 50 años, la temperatura promedio en México ha aumentado casi 1 °C, lo que coincide con el incremento promedio global (IPCC, 2018; México-CICC, 2018). En el país, algunos municipios ubicados en la zona intertropical se encuentran más vulnerables al cambio climático (Hertel & Rosch, 2010), y aunado a las condiciones de pobreza, sus condiciones de producción son limitadas. Este es el caso de los productores ubicados en el sur-sureste del país, los más frágiles, ya que dependen del temporal y de cultivos básicos que potencialmente se verán afectados (maíz, frijol, papa o arroz) (Altieri & Nicholls, 2008).

Los productores empresariales regularmente producen en grandes superficies y cuentan con sistemas de riego. Representan no más del 10% del total de los productores agrícolas y se ubican principalmente en el norte y noroeste del país (Borja Bravo et al., 2018). Están expuestos a sequías cada vez más intensas y prolongadas que impactan en el desarrollo de los cultivos, tanto de temporal como en agricultura de riego (Hannah et al., 2013; Magrin O., 2015; SEMARNAT-IMTA, 2014), sin embargo, sus condiciones socioeconómicas les permiten reaccionar de manera más eficiente y adaptarse a los cambios del clima.

Retos que enfrentan los productores agrícolas mexicanos. Los factores relacionados con la unidad de producción que inciden la sensibilidad de los productores en el contexto del cambio climático se mencionaron anteriormente. Sin embargo, otros factores pueden incidir en el aumento de la sensibilidad, como el envejecimiento de los productores y los bajos niveles educativos.

Se encontró que la edad promedio de los productores agrícolas de México es de 55 años, estos datos coinciden con los reportados en la Encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI, 2019) donde más del 44% a de los productores del país se encuentra en un rango de 40 a 60 años. El nivel de escolaridad de la mayoría de los productores del país es bajo, principalmente en el sur-sureste del país. Un bajo nivel de escolaridad influye en la baja productividad del sector y, en un contexto de mayor vulnerabilidad al cambio climático, puede convertirse en una barrera para la adaptación de los productores al cambio climático (Amaro-Rosales & de Gortari-Rabiela, 2016; González-Hernández et al., 2019; Mata García, 2000). Un bajo nivel de educación influye en una baja productividad del sector, en el aumento de vulnerabilidad al cambio climático y puede convertirse en una barrera para la adaptación de los productores al cambio climático (Ahsan et al., 2021; Landa et al., 2010; Muttarak & Lutz, 2014; Yúnez-Naude & Edward Taylor, 2001) y el logro de la seguridad alimentaria (Alpizar et al., 2020).

Limitaciones de la política del sector agrícola. El gasto público de México en el sector agrícola ha sido mayor con relación al PIB sectorial, sin embargo, no se refleja un crecimiento en el medio rural, ni ha disminuido la pobreza, ni la desigualdad (Muñoz Rodríguez et al., 2018). Las políticas públicas del sector han operado bajo un carácter

asistencial (Oliver & Santos, 2017). Algunas fallas recurrentes de las políticas del sector son: los recursos se distribuyen por demanda o incluso para cumplir compromisos políticos, sin considerar las prioridades nacionales (Díaz Espinosa et al., 2019; Muñoz Rodríguez et al., 2018), sin incentivar la competitividad en el desarrollo agropecuario de los productores más necesitados.

Los programas de comercialización y alianza para el campo fueron orientados para los productores grandes o empresariales, y la mayoría de los beneficiarios eran de los estados del norte de México (Robles Berlanga, 2017). El fondo de financiamiento para el sector agrícola ha sido altamente regresivo, está enfocada en brindar apoyo únicamente a los grandes productores del país.

El programa de apoyo directo al campo (PROCAMPO) fue creado para compensar los efectos desfavorables del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN); sin embargo, algunos estudios de análisis y evaluación han concluido que sus objetivos no se han cumplido, ya que la distribución de recursos ha favorecido predominantemente a los productores de mayor escala e incluso a aquellos con tecnología de riego (estados del norte del país: Sinaloa, Tamaulipas, Sonora, Jalisco y Chihuahua) (Robles Berlanga, 2013a, 2013b; Ruiz-Funes, 2005), y aunque uno de sus objetivos es fomentar la reconversión productiva, no se ha cumplido de manera satisfactoria (García Salazar et al., 2011).

Actualmente, el programa “producción para el bienestar” atiende a los pequeños y medianos productores, sin embargo, los productores consideran que se trata de una compensación de ingreso y no como un apoyo para el incremento a la productividad (CONEVAL, 2020). Un área de mejora que se puede detectar es que la distribución del recurso se realiza a partir de la superficie de la unidad de producción o del número de cabezas de ganado, sigue siendo un programa de apoyo basado en la demanda y es indispensable estar incluido en el censo de bienestar.

La implementación de las políticas públicas debería considerar una estrategia de priorización, basada en un análisis multidimensional de las unidades de producción y no de considerar criterios unidimensionales, como la superficie de unidad de producción o la cantidad de ingresos del productor. Una falla común es que los responsables de las políticas públicas asumen que existe relativa homogeneidad entre los productores rurales de México, sin embargo, la realidad es que las condiciones son heterogéneas (Scott, 2010). Este estudio identificó 227 grupos por afinidad de condiciones. Sin embargo, debido a que no es práctico priorizar acciones con tantos grupos, se clasificaron en 19 tipos de productores, proponiendo una forma más específica y multidimensional de dar atención priorizada a los productores del país.

La tipología de agricultores permite la evaluación de indicadores de gestión agrícola a nivel de unidad de producción y el diseño de políticas agrícolas diferenciadas (Andersen et al., 2007). El enfoque multidimensional utilizado en este estudio se puede replicar para analizar la heterogeneidad de los productores agrícolas en cualquier región o país; sin embargo, la disponibilidad de datos es la clave para lograrlo; en nuestro caso, el haber contado con datos y estadísticas que describieran las características socioeconómicas,

condiciones del entorno de producción y exposición al cambio climático, en una muestra representativa para el país, fue una ventaja. Sin embargo, los límites de la clasificación están directamente influenciados por las variables utilizadas en el estudio.

Conclusiones

Este estudio analizó tres dimensiones determinantes actuales para la clasificación de los productores: la sensibilidad del productor, el destino de la producción y el riesgo de la producción por el cambio climático. Identifica qué tipos de productores enfrentan las mayores dificultades para producir en la actualidad. Los resultados pueden servir de base para el diseño de futuras políticas diferenciadas para el sector agropecuario; incluso puede ser un insumo para reorientar la operación de los programas de subsidios al campo, considerando una atención focalizada en los tipos de productores con mayor riesgo por el cambio climático, alineados con el uso eficiente de los recursos públicos en tránsito.

Se recomienda estimar la capacidad adaptativa de cada grupo de productores agropecuarios clasificados en este estudio con el fin de identificar hacia dónde se deben dirigir los esfuerzos institucionales para mejorar su capacidad adaptativa y así contribuir a reducir la vulnerabilidad de aquellas comunidades con mayor riesgo frente al cambio climático y con ello avanzar hacia el cumplimiento de las Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (INDC-2030) y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

Es conveniente que las instituciones federales consideren la actualización de los datos a nivel de unidades de producción, ya que el último censo agropecuario se realizó en el año 2007 y el estudio de línea base del sector agropecuario se obtuvo en el año 2008. Una actualización permitiría tener una tipología de productores más realista considerando los problemas nacionales actuales (cambio climático y efectos de la pandemia del COVID-19 en el campo).

Literatura citada

- Ahsan, D., Brandt, U. S., & Faruque, H. (2021). Local agricultural practices to adapt with climate change. Is sustainability a priority? *Current Research in Environmental Sustainability*, 3, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100065>
- Alpizar, F., Saborío-Rodríguez, M., Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Vignola, R., Capitán, T., & Harvey, C. A. (2020). Determinants of food insecurity among smallholder farmer households in Central America: Recurrent versus extreme weather-driven events. *Regional Environmental Change*, 20(1), 22. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01592-y>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7-24. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/95471>
- Amaro-Rosales, M., & de Gortari-Rabiela, R. (2016). Innovación inclusiva en el sector agrícola mexicano: Los productores de café en Veracruz. *Economía Informa*, 400, 86-104. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2016.09.006>
- Andersen, E., Elbersen, B., Godeschalk, F., & Verhoog, D. (2007). Farm management indicators and farm typologies as a basis for assessments in a changing policy environment. *Journal of Environmental Management*, 82(3), 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.04.021>
- Borja Bravo, M., Vélez Izquierdo, A., & Ramos González, J. L. (2018). Tipología y diferenciación de productores de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Calvillo , Aguascalientes , México. Vol. XXX, núm. 71, enero-abril, 2018(71), 1-22. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10253649009>
- Camarero, L., Grammont, H. D., & Quaranta, G. (2020). El cambio rural: Una lectura desde la desagrarización y la desigualdad social. *Revista austral de ciencias sociales*, 38, 191-211. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7513892>
- Castellanos-Potenciano, B., Gallardo-López, F., Díaz-Padilla, G., Pérez-Vázquez, A., Landeros-Sánchez, C., & Sol-Sánchez, A. (2015). Apiculture in the humid tropics: Socio-economic stratification and beekeeper production technology along the Gulf of Mexico. *Global Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural Development*, 3, 321-329.
- CEPAL. (1981). *Economía campesina y agricultura: Tipología de productores del Agro Mexicano* (p. 120). Comisión Económica para América Latina (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25265/S8100382_es.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020, julio 23). Comunicado 15: Avances y retos del programa producción para el bienestar. 6.

<https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2020/COM UNICADO 15 PRODUCCION PARA EL BIENESTAR.pdf>

Coronado-Minjarez, M. A., Figueroa-Rodríguez, K. A., Figueroa-Sandoval, B. F., García-Herrera, E. J. G., & Ramírez-López, A. (2019). Caracterización y clasificación de los productores del altiplano oeste potosino, México: Una propuesta de tipología multidimensional. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(3), 373-397. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7134420>

Dalenius, T., & Hodges, J. L. (1959). Minimum Variance Stratification. *Journal of the American Statistical Association*, 54(285), 88-101. <https://doi.org/10.1080/01621459.1959.10501501>

De Grammont, H. C., & Martínez Valle, L. (2009). La nueva estructura ocupacional en los hogares rurales mexicanos". En *La pluriactividad en el campo latinoamericano* (Hubert C. de Grammont y Luciano Martínez Valle (coords.), pp. 273-307). FLACSO. https://www.researchgate.net/publication/282294729_2009_La_nueva_estructura_ocupacional_en_los_hogares_rurales_mexicanos#fullTextFileContent

Díaz Espinosa, A. G., Aguilar Gallegos, N., Santoyo Cortés, V. H., Muñoz Rodríguez, M., & Altamirano Cárdenas, J. R. (2019). Restricciones para orientar a resultados los programas de desarrollo rural en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 16(2), 199-2018. <https://doi.org/10.22231/asyd.v16i2.1007>

Díaz-Padilla, G., Sánchez-Cohen, I., Guajardo Panes, R. A., Barbosa-Moreno, F., Gómez Cárdenas, M., & Uribe Bernal, J. M. (2012). Modelación espacial de la producción de agua y escurrimiento superficial del agua de lluvia en la zona sur del estado de Puebla, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, III, 69-85. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353531980005>

Donatti, C. I., Harvey, C. A., Martinez-Rodriguez, M. R., Vignola, R., & Rodriguez, C. M. (2017). What information do policy makers need to develop climate adaptation plans for smallholder farmers? The case of Central America and Mexico. *Climatic Change*, 141(1), 107-121. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1787-x>

Estrada, F., Martínez-López, C. Conde y C., & Gay-García. (2012). The new national climate change documents of Mexico: What do the regional climate change scenarios represent? *Climatic Change* 110: 1029-1046. DOI: 10.1007/s10584-011-0100-2

FAO. (2018). *Future of Food and Agriculture-alternative pathways to 2050*. FAO.

FAO, & SAGARPA. (2012). *Diagnóstico del sector rural y pesquero de México* (p. 162). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO-México) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/OtrosEstudios/Attachments/47/1_Diagnóstico_del_sector_rural_y_pesquero.pdf

- FAO, & SAGARPA. (2012a). Línea de Base de los Programas de SAGARPA-2008. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO-México) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Fernández L., J., Fernández, M. I., & Soloaga, I. (2019). Enfoque territorial y análisis dinámico de la ruralidad: Alcances y límites para el diseño de políticas de desarrollo rural innovadoras en América Latina y el Caribe (Documentos de Proyectos (LC/TS.2019/65, LC/MEX/TS.2019/16), p. 60) [Documento de proyectos]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44905/1/S1900977_es.pdf
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O'Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- García Salazar, J. A., Skaggs, R. K., & Crawford, T. L. (2011). Evaluación de los efectos del Programa de Apoyos Directos al Campo (Procampo) en el mercado de maíz en México, 2005-2007. *Economía Sociedad y Territorio*. <https://doi.org/10.22136/est002011113>
- García-Fajardo, B., Orozco-Hernández, M. E., McDonagh, J., Álvarez-Arteaga, G., & Mireles-Lezama, P. (2016). Land Management Strategies and their Implications for Mazahua Farmers' Livelihoods in the Highlands of Central Mexico. *Miscellanea Geographica*, 20(2), 5-12. <https://doi.org/10.1515/mgrsd-2016-0003>
- Gobierno de México. (2014). Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 PECC (p. 151) [Oficial]. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). <http://www.gob.mx/inecc/documentos/programa-especial-de-cambio-climatico-2014-2018-pecc-version-difusion>
- González-Hernández, D. L., Meijles, E. W., & Vanclay, F. (2019). Factors that Influence Climate Change Mitigation and Adaptation Action: A Household Study in the Nuevo Leon Region, Mexico. *Climate*, 7(6), 74. <https://doi.org/10.3390/cli7060074>
- Graskemper, V., Yu, X., & Feil, J.-H. (2021). Farmer typology and implications for policy design – An unsupervised machine learning approach. *Land Use Policy*, 103, 105328. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105328>
- Gunning, P., Horgan, J. M., & Yancey, W. (2004). Geometric stratification of accounting data. *Contaduría y Administración*, No. 214, septiembre-diciembre 2004(214), 12. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2004.467>

- Hannah, L., Ikegami, M., Hole, D. G., Seo, C., Butchart, S. H. M., Peterson, A. T., & Roehrdanz, P. R. (2013). Global Climate Change Adaptation Priorities for Biodiversity and Food Security. *PLOS ONE*, 8(8), e72590. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072590>
- Harvey, C. A., Saborio-Rodríguez, M., Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Chain-Guadarrama, A., Vignola, R., & Alpizar, F. (2018). Climate change impacts and adaptation among smallholder farmers in Central America. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0209-x>
- Hernández Cortés, C. (2009). El enfoque territorial del desarrollo rural y las políticas públicas territoriales. Encrucijada, Revista Electrónica del Centro de Estudios en Administración Pública, Año 11, No.35, mayo-agosto de 2020(3), Article 3. <http://dx.doi.org/10.22201/fcpys.20071949e.2009.3.58544>
- Hertel, T. W., & Rosch, S. D. (2010). Climate Change, Agriculture, and Poverty. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32(3), 355-385. <https://doi.org/10.1093/aep/32.3.355>
- Holland, M. B., Shamer, S. Z., Imbach, P., Zamora, J. C., Medellín Moreno, C., Hidalgo, E. J. L., Donatti, C. I., Martínez-Rodríguez, M. R., & Harvey, C. A. (2017). Mapping adaptive capacity and smallholder agriculture: Applying expert knowledge at the landscape scale. *Climatic Change*, 141(1), 139-153. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1810-2>
- Hyland, J. J., Jones, D. L., Parkhill, K. A., Barnes, A. P., & Williams, A. P. (2016). Farmers' perceptions of climate change: Identifying types. *Agriculture and Human Values*, 33(2), 323-339. <https://doi.org/10.1007/s10460-015-9608-9>
- INEGI. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria 2019 (p. 32). INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/rrdp_ena2019.pdf
- INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020 (Resultados 2020, p. 52) [Resultados complementarios]. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/Censo2020_Resultados_complementarios_ejecutiva_EUM.pdf
- IPCC. (2007). Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (p. 104).
- IPCC. (2014). Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. (N.o AR5; Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 34). Cambridge University Press.

- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty (Special Report on Climate Change, p. 630). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf
- IPCC. (2021). Summary for policymakers. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, Ö. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Islam, A. R. M. T., Hasanuzzaman, M., Jaman, M., Alam, E., Mallick, J., Alam, G. M. M., Sattar, M. A., & Techato, K. (2021). Assessing Farmers' Typologies of Perception for Adopting Sustainable Adaptation Strategies in Bangladesh. *Climate*, 9(12), 167.
<https://doi.org/10.3390/cli9120167>
- Karantinini, K., & Zylbersztajn, D. (2007). The global farmer: Typology, institutions and organisation. *Journal on Chain and Network Science*, 7(1), 71-83.
<https://doi.org/10.3920/JCNS2007.x078>
- Kaur, J., Prusty, A. K., Ravisankar, N., Panwar, A. S., Shamim, M., Walia, S. S., Chatterjee, S., Pasha, M. L., Babu, S., Jat, M. L., López-Ridaura, S., Groot, J. C. J., Toorop, R. A., Barba-Escoto, L., Noopur, K., & Kashyap, P. (2021). Farm typology for planning targeted farming systems interventions for smallholders in Indo-Gangetic Plains of India. *Scientific Reports*, 11(1), 20978. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00372-w>
- Landa, R., Avila, B., & Hernández, M. (2010). *Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para América Latina y el Caribe* (p. 138). British Council.
- López F., A., & Hernández C., D. (2016). Cambio climático y agricultura: Una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*, 83(332), 459-496.
<http://dx.doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- Magrin O., G. (2015). Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. *Repositorio Comisión Económica para América latina y el Caribe (CEPAL)*, 15, 80.
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39842%0Ahttp://www.cepal.org/es/publicaciones/39842-adaptacion-al-cambio-climatico-america-latina-caribe>
- Marshall, N., Dowd, A.-M., Fleming, A., Gambley, C., Howden, M., Jakku, E., Larsen, C., Marshall, P., Moon, K., Park, S., & Thorburn, P. (2014). Transformational capacity in Australian peanut farmers for better climate adaptation. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(3), 583-591. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0186-1>

- Martin-Collado, D., Soini, K., Mäki-Tanila, A., Toro, M. A., & Díaz, C. (2014). Defining farmer typology to analyze the current state and development prospects of livestock breeds: The Avileña-Negra Ibérica beef cattle breed as a case study. *Livestock Science*, 169, 137-145. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.09.003>
- Mata García, B. (2000). Transferencia de tecnología y desarrollo rural. En *Estrategias de transferencia de tecnología* (Bernardino Mata e Ibis Sepúlveda González (coords.)), pp. 71-92). Universidad Autónoma Chapingo-Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- México-CICC. (2018). México: Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bial de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (p. 738). INECC.
- México-INECC. (2015). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020-2030 (INDC intended Nationally Determined Contribution 2020-2030) (p. 19 pp).
- Monterroso, A. I., & Conde, C. (2015). Exposure to climate and climate change in Mexico. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6:4, 272-288. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.847867>
- Monterroso, A. I., & Conde, C. (2017). Adaptive capacity: Identifying the challenges faced by municipalities addressing climate change in Mexico. *Climate and Development*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1372264>
- Monterroso, A. I., Conde, A. C., & Pérez, J. L. (2018). Multi-temporal assessment of vulnerability to climate change: Insights from the agricultural sector in Mexico. *Climatic Change*, 147(3-4), 457-473. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2157-7>
- Morett-Sánchez, J. C., Cosío-Ruiz, C., Morett-Sánchez, J. C., & Cosío-Ruiz, C. (2017). Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(1), 125-152. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1870-54722017000100125&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Morris, W., Henley, A., & Dowell, D. (2017). Farm diversification, entrepreneurship and technology adoption: Analysis of upland farmers in Wales. *Journal of Rural Studies*, 53, 132-143. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.05.014>
- Muñoz Rodríguez, M., Santoyo Cortés, H., Gómez Pérez, D., & Altamirano Cárdenas, J. R. (2018). ¡Otro campo es posible! UACH-CIESTAAM.
- Muttarak, R., & Lutz, W. (2014). Is Education a Key to Reducing Vulnerability to Natural Disasters and hence Unavoidable Climate Change? *Ecology and Society*, 19(1), 42. <https://doi.org/10.5751/ES-06476-190142>

- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L., & West, J. (2004). Mapping vulnerability to multiple stressors: Climate change and globalization in India. *Global Environmental Change*, 14(4), 303-313. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.01.001>
- Oliver, L. G., & Santos, A. T. (2017). La política de desarrollo rural en México. ¿Existe correspondencia entre lo formal y lo real? *EconomíaUNAM*, 14(42 septiembre-diciembre, 2017), 93-117. <https://doi.org/10.1016/j.eunam.2017.09.004>
- Reyna-Ramírez, C. A., Fuentes-Ponce, M. H., Rossing, W. A. H., & López-Ridaura, S. (2020). Caracterización de unidades de producción familiar agropecuarias mesoamericanas. *Agrociencia*, 54(2), 259-277. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1905>
- Robles Berlanga, H. M. (2013). Ejercicio del presupuesto de SAGARPA por programa y entidad federativa. *Subsidios al campo*. http://subsidiosalcampo.org.mx/wp-includes/textos_pdf/subsidios-pdf/5.EJERCICIO.pdf
- Robles Berlanga, H. M. (2013a). Los pequeños productores y la política pública (Subsidios al Campo, p. 28). *Subsidios al Campo*. http://subsidiosalcampo.org.mx/wp-includes/textos_pdf/subsidios-pdf/12.Pequeños.pdf
- Robles Berlanga, H. M. (2017). Los efectos del presupuesto en el sector rural (N.o 1; Subsidios al campo, p. 48). *Subsidios al campo*. <http://subsidiosalcampo.org.mx/wp-content/uploads/2013/05/efectosDelPresupuestoSectorRurall.pdf>
- Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., Ramírez Díaz, J. L., Flores López, H. E., Ramírez Ojeda, G., Manríquez Olmos, J. D., Zarazúa Villaseñor, P., González Eguiarte, D. R., Díaz Padilla, G., & Mora Orozco, C. de la. (2011). Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(spe2 Texcoco sep./oct.), 309-323.
- Ruiz-Funes, M. (2005). Evolución reciente y perspectivas del sector agropecuario en México. *ICE, Revista de Economía*, 821, Article 821. <http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/759>
- Ruiz-Ramírez, J., Gallardo-López, F., Hernández-Rodríguez, G. E., Hernández-Suárez, C. M., Cisneros-Saguilán, P., & Chalate-Molina, H. (2020). Comparación de la eficiencia relativa para la estratificación óptima en la tipología de productores agropecuarios. *Agrociencia*, 54(3), 445-457. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1918>
- SAGARPA-SIAP. (2020). Panorama Agroalimentario 2020 (p. 198). SAGARPA. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>
- Santos Chávez, V. M., Zúñiga Estrada, M., Leos Rodríguez, J. A., & Álvarez Macías, A. (2014). Tipología de productores agropecuarios para la orientación de políticas

públicas: Aproximación a partir de un estudio de caso en la región Texcoco, Estado de México, México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 28(October 2018), 47-70.

<https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/268/266>

Scott, J. (2010). Subsidios Agrícolas en México: ¿quién gana, y cuánto? En *Subsidios para la desigualdad: Las políticas públicas del maíz en México a partir del libre comercio* (p. 86). Woodrow Wilson International Center for Scholars. <https://www.wilsoncenter.org/publication/subsidios-para-la-desigualdad-las-politicas-publicas-del-maiz-en-mexico-partir-del-libre>

SEMARNAT. (2020). *Contribución Determinada a nivel Nacional: México. Versión actualizada 2020*. (Oficial N.o 2; p. 39). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/348/968_20_20_Contribucion_Determinada_a_nivel_Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SEMARNAT-IMTA. (2014). *Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático*. IMTA. https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/atlas-2016/files/assets/basic-html/page121.html

SEMARNAT-INECC. (2015). *Elementos mínimos para la elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas*.

Shukla, R., Agarwal, A., Gornott, C., Sachdeva, K., & Joshi, P. K. (2019). Farmer typology to understand differentiated climate change adaptation in Himalaya. *Scientific Reports*, 9(1), 20375. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56931-9>

Soto Baquero, F., Fazzone, M. R., & Falconi, C. (2007). *Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe* (Food and Agriculture Organization of the United Nations & InterAmerican Development Bank, Eds.). FAO-Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/3/a1248s/a1248s.pdf>

Stringer, L. C., Fraser, E. D., Harris, D., Lyon, C., Pereira, L., Ward, C. F., & Simelton, E. (2019). *Adaptation and development pathways for different types of farmers*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) Working Paper, 270. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/101600/CCAFSWPNo.270-Adaptation_and_development_pathways.pdf

Talukder, B., van Loon, G. W., Hipel, K. W., Chiotha, S., & Orbinski, J. (2021). Health impacts of climate change on smallholder farmers. *One Health*, 13, 100258. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2021.100258>

Yúnez Naude, A., Cisneros Yescas, A. I., & Meza Pale, P. (2013). *Situando la agricultura familiar en México. Principales características y tipología*. (Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo., p. 48). RIMISP.

Yúnez-Naude, A., & Edward Taylor, J. (2001). The Determinants of Nonfarm Activities and Incomes of Rural Households in Mexico, with Emphasis on Education. *World Development*, 29(3), 561-572. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00108-X](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00108-X)

CAPÍTULO III. INDICADORES RELEVANTES PARA LA MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

Artículo **publicado** en la revista Atmosphere 2022, 13(7), 1114.

<https://doi.org/10.3390/atmos13071114>

Resumen

Evaluar la capacidad de adaptación al cambio climático es una tarea compleja ya que es un componente multidimensional. Ha existido una considerable discrepancia entre las dimensiones o elementos que la componen. Este estudio tuvo como objetivo analizar las dimensiones e indicadores relevantes que permiten estimar la capacidad de adaptación al cambio climático y proponer un conjunto de indicadores que permitan su aplicación a la evaluación a nivel de productores agropecuarios. Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica sobre la evaluación o medición de la capacidad de adaptación al cambio climático. Posteriormente, los indicadores fueron analizados y seleccionados mediante un análisis de coincidencia y fueron calibrados mediante una evaluación multicriterio con actores relevantes del sur de México, estado de Chiapas. En total, se identificaron y analizaron 329 indicadores. Como resultado, se seleccionaron 19 indicadores que luego se agruparon en seis dimensiones: recursos económicos, recursos humanos, infraestructura para la producción y comercialización, institucionalidad, capital social y recursos naturales, con mayor potencial para contribuir a la estimación de la capacidad de adaptación al cambio climático. Las dimensiones e indicadores se pueden aplicar para evaluar la capacidad adaptativa de los agricultores en México a escala nacional o regional y específicamente por tipos de productores.

Palabras clave: adaptación de los agricultores, componentes de capacidad adaptativa; determinantes de la capacidad adaptativa; estrategias de adaptación agrícola; indicadores de capacidad adaptativa.

Abstract

Assessing adaptive capacity to climate change is a complex task since it is a multidimensional component. There has been considerable discrepancy between the dimensions or elements that compose it. This study aimed to analyze the relevant dimensions and indicators that allow estimation of the adaptive capacity to climate change and to propose a set of indicators that will enable their application to assessment at the level of agricultural producers. A systematic review of scientific literature on evaluating or measuring adaptive capacity to climate change was carried out. Subsequently, the

indicators were analyzed and selected through a coincidence analysis and were calibrated through a multicriteria evaluation with relevant actors in the southern Mexico, state of Chiapas. In total, 329 indicators were identified and analyzed. As a result, 19 indicators were selected and then grouped into six dimensions: economic resources, human resources, infrastructure for production and marketing, institutionality, social capital, and natural resources, with the greatest potential to contribute to the estimation of adaptive capacity to climate change. The dimensions and indicators can be applied to assess the adaptive capacity of farmers in Mexico at a national or regional scale and specifically by producer types.

Keywords: agricultural adaptation strategies; adaptive capacity indicators; adaptive capacity components; determinants of adaptive capacity; farmers' adaptation.

Introducción

El IPCC ha confirmado un aumento de 1.1°C en la temperatura media global, con el cambio climático afectando a todas las regiones del mundo de diferentes maneras (IPCC, 2018, 2021; [H.-O. Pörtner IPCC D. C. Roberts, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)], 2022). La actividad agrícola se encuentra en una encrucijada, por un lado, es señalada como impulsor del cambio climático (Struik & Kuyper, 2017; Tilman et al., 2011) y a la vez es la actividad más afectada por estos cambios. A nivel biológico hay evidencia de la alteración de procesos fenológicos, de rendimientos y de la calidad de los cultivos; a nivel económico: aumento de costos de producción y aumento en los precios de los alimentos. A nivel social: exacerba la desigualdad, la pobreza, la migración involuntaria y la inseguridad alimentaria (Chen S. et al., 2016; Gammans et al., 2017; Granados Ramírez & Sarabia Rodríguez, 2013; Harvey et al., 2018; Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI, 2009; IPCC, 2014; [H.-O. Pörtner IPCC D. C. Roberts, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)], 2022; Jorqueta-Fontena & Orrego-Verdugo, 2010; Mendelsohn & Massetti, 2017; Monterroso-Rivas et al., 2011; Nelson et al., 2009). Sin embargo, la agricultura es la clave para contribuir en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, principalmente en la erradicación del hambre y la seguridad alimentaria para una creciente población mundial que se estima será de 9 a 10 mil millones para 2050 (Pardey et al., 2014; Tilman et al., 2011).

La capacidad de adaptación ha tomado relevancia en la agenda política y científica en las últimas dos décadas, ya que se considera una condición necesaria para lograr una adaptación exitosa al cambio climático (Williams et al., 2015). A nivel político, es un tema trascendente para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, para cada país es un tema relevante para el diseño de marcos institucionales de política ambiental y en el planteamiento de las contribuciones nacionales determinadas.

A nivel científico, algunas investigaciones han explorado teóricamente el concepto de capacidad de adaptación (CA) en relación con la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático (Adger W, 2006; Gallopín, 2006; Smit & Wandel, 2006), otros autores han estudiado la capacidad adaptativa en sectores específicos, por ejemplo: en áreas urbanas y periurbanas (Eakin et al., 2010; Filho et al., 2019), en comunidades rurales (Abaje et al., 2015; Matewos, 2020), en el sector agrícola (Choden et al., 2020; Holland et al., 2017; Simotwo et al., 2018), a nivel institucional (Gupta et al., 2010) y más recientemente algunos estudios han explorado cuáles son las dimensiones y los elementos que la conforman (Chepkoech et al., 2020; Filho et al., 2019; Monterroso & Conde, 2017; Thathsarani & Gunaratne, 2018; Williams et al., 2015).

La evaluación de la capacidad adaptativa es compleja al tratarse de un componente multidimensional. Ha existido mucha discrepancia entre las dimensiones y los elementos que la componen, en este sentido los métodos de estimación han evolucionado (Christiansen & Martinez, 2018; Stringer et al., 2019). Se han utilizado técnicas basadas en evaluación de fuentes de datos secundarias (Adger W, 2006; Brooks et al., 2005; Eriksen & Kelly, 2007). En la mayoría de los estudios se han propuesto indicadores y dimensiones a partir del enfoque de medios de vida sostenibles (Chepkoech et al., 2020; Defiesta & Rapera, 2014; Gupta et al., 2010; Lockwood et al., 2015; Matewos, 2020; Monterroso & Conde, 2017), el cual ayuda a comprender la capacidad adaptativa como un proceso iterativo complejo y permite analizar los complejos procesos socioecológicos que ocurren al interior de la capacidad adaptativa, además de las complejidades de los sistemas humano-ambientales que experimentan cambios (Choden et al., 2020; Clay, 2018; Defiesta & Rapera, 2014). Otra ventaja de este enfoque es que se centra en las personas y permite el desarrollo de medidas estandarizadas de la capacidad adaptativa a nivel nacional (Lockwood et al., 2015). Algunos estudios recientes sugieren que la capacidad de adaptación no solo debe considerar la disponibilidad de activos, sino la voluntad y la capacidad de convertir los recursos en una acción de adaptación efectiva (Cinner et al., 2018; Vincent, 2007). Sin embargo, no se presentan mecanismos para medir estos factores.

México es considerado particularmente vulnerable al cambio climático y es una de las regiones prioritarias para el fomento de adaptación al cambio climático. Mejorar la capacidad de adaptación afecta positivamente a la resiliencia de un sistema y contribuiría en la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático (Brooks et al., 2005). De acuerdo con las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC) (SEMARNAT, 2020) y la Agenda de Cambio Climático y Producción Agroalimentaria es una prioridad de la nación realizar un diagnóstico sobre la capacidad de adaptación al cambio climático del sector agroalimentario (IICA-México et al., 2018). Hasta el momento existen muy pocos estudios que hayan evaluado la capacidad de adaptación en una escala nacional, regional o local para México (Eakin et al., 2010; Ferro Azcona et al., 2022; Monterroso & Conde, 2017; Ruiz Meza, 2015), y las investigaciones que se han realizado se han centrado en la capacidad adaptativa a nivel de municipio o para una región específica.

Estimar la capacidad y el potencial que tienen las personas para enfrentar y adaptarse al cambio climático es un gran desafío. Sobre todo, cuando se trata de personas cuyos medios de subsistencia dependen en gran medida de los recursos naturales o que habitan en tierras marginadas, tal es el caso de los pequeños productores agrícolas de México (IPCC, 2018; México-INECC, 2015). En este sentido es de interés político y científico, estimar la capacidad de adaptación que tienen los productores agrícolas, considerando que existe una gran diversidad de productores, desde productores agrícolas familiares de subsistencia hasta productores empresariales que realizan exportaciones. En México se han identificado, al menos diecinueve tipos de productores agrícolas clasificados con base en sus características comunes y retos similares para hacer frente a cambio climático (Anexo 1). En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar y seleccionar las dimensiones e indicadores con mayor potencial para aproximarse a estimar la capacidad de adaptación al cambio climático a escala de productores agrícolas en México.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión sistemática de literatura científica sobre la evaluación o medición de la capacidad adaptativa (CA) al cambio climático. Aunque no es un tema nuevo, existen relativamente pocas publicaciones al respecto y no existe un método estándar para su medición. Se analizó la información disponible sobre la medición o evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático, con base en lo siguiente: 1. Métodos se han utilizado para estimar la capacidad adaptativa al cambio climático 2. Dimensiones que se deben considerar en la evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático y 3. Indicadores que contribuyen en la evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático.

Se consultaron los repositorios científicos Web of Science, Science Direct, Google Scholar, y algunas editoriales como: Nature, Springer y Elsevier, el período de consulta se limitó a la última década (2012-2021) y se consideraron artículos científicos en idioma inglés y español. En la búsqueda se consideraron las siguientes palabras clave: “capacidad adaptativa al cambio climático/adaptive capacity to climate change”, “evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático/assessment of adaptive capacity to climate change”, “evaluación y capacidad adaptativa al cambio climático/assessment and adaptive capacity to climate change”, “medición y capacidad adaptativa al cambio climático/measurement and adaptive capacity to climate change”, “Capacidad adaptativa al cambio climático y México/adaptive capacity to climate change and Mexico”. Se seleccionaron y se analizaron 20 estudios originales de la última década (2012-2021) que evaluaban la capacidad adaptativa a partir de la construcción de indicadores o índices de capacidad de adaptación al cambio climático. Los estudios se realizaron en regiones o países pertenecientes a los cinco continentes: América, Europa, Asia, África y Australia (Anexo 5).

Se creó una base de datos en Excel para organizar la información de manera deductiva: método de estimación, dimensiones e indicadores utilizados por los autores para el

estudio de la capacidad de adaptación. Con esta información se realizó un análisis de coincidencia, basado en la comparación de indicadores y dimensiones de cada estudio y en la agrupación de estos por similitud (indicadores que miden una misma variable). Derivado de este análisis se seleccionaron las dimensiones e indicadores de mayor frecuencia para la evaluación de capacidad de adaptación al cambio climático.

Los indicadores se calibraron mediante entrevistas a 10 tomadores de decisiones o actores relevantes en el sector agrícola de la región de la Meseta Comiteca Tojolabal, Chiapas. Utilizando los criterios técnicos para la valoración integral de los indicadores (Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública (CONEVAL), 2021), se determinó en qué nivel los indicadores cumplían con cada uno de estos atributos: claridad, relevancia y monitoreo. La claridad implica que el nombre del indicador sea autoexplicativo y no queda duda de lo que se busca medir. Relevancia consiste en verificar que los elementos más importantes estén relacionados con algún aspecto fundamental de la medición de la capacidad adaptativa al cambio climático. Monitoreo se refiere a que el indicador tenga la posibilidad de ser estimado en un tiempo determinado y que sus variables sean medibles. Para realizar esta evaluación multicriterio, los expertos otorgaron una calificación de 0 a 2 (donde: 0 significaba “no cumple con el criterio”; 1 “cumple medianamente” y 2 “cumple cabalmente con el criterio”). Posteriormente se estimó la calificación promedio del conjunto de tomadores de decisiones y se calculó la suma ponderada, asignando el mismo peso a cada uno de los criterios. Se utilizó la siguiente fórmula (1):

$$SP_i = \sum_{k=1}^n w_i \times v_{ik} \quad (1)$$

Donde SP_i : Suma ponderada del indicador i ; w_i : Peso asignado al criterio i y v_{ik} : Valor del desempeño del indicador i en el criterio k .

Resultados

En la mayoría de los estudios la selección de indicadores fue a partir de juicio experto o actores clave, quienes calificaron y después, con suma ponderada o análisis factorial obtuvieron el puntaje final (Abdul-Razak & Kruse, 2017; Chepkoech et al., 2020; Holland et al., 2017; Juhola & Kruse, 2015; Khan et al., 2021; Matewos, 2020; Zanmassou et al., 2020). Otros autores utilizaron métodos cualitativos, como el análisis de percepción de productores agrícolas como estudio de caso (Choden et al., 2020; Hoan et al., 2019; Lockwood et al., 2015; Ruiz Meza, 2015) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de la información más relevantes de los 20 estudios analizados (2012-2021)

Autor	Método	Nivel/Sector	Resumen
Juhola & Kruse, 2015	Se diseñó un índice agregado a partir de un conjunto de variables y se calculó un promedio ponderado a nivel de dimensiones. Se utiliza el método Delphi, se cualifica usando datos y estadísticas de gobierno.	Evaluación paneuropea de la capacidad de adaptación y en el sector turístico	5 dimensiones 15 indicadores
Defiesta & Rapera, 2014	Mediante un proceso de jerarquía analítica y juicio de expertos los indicadores fueron ponderados.	Sector agrícola	5 dimensiones 19 indicadores
(Lam et al., 2014)	Se diseñó un índice de vulnerabilidad combinando las diferentes variables que representan las tres dimensiones utilizando un esquema de ponderación arbitrario. Para validar el índice de vulnerabilidad derivado, se realizó un análisis de regresión entre los datos de daños reales (variable dependiente) y las variables predictoras que representan las tres dimensiones de la vulnerabilidad Se revisaron los pesos de acuerdo con los coeficientes de regresión resultantes y se recalculó y comparó el índice de vulnerabilidad	Zona costera	3 dimensiones 6 indicadores
(Chen et al., 2015)	Se realizó un análisis de datos descriptivos para todos los indicadores. Se utilizó análisis de correlación y análisis de conglomerados para determinar las relaciones entre los diferentes componentes del índice de CA	Evaluación de Capacidad adaptativa al cambio climático en China, a nivel nacional y regional	5 dimensiones 46 indicadores
(Ruiz Meza, 2015)	Metodología participativa: se utilizaron entrevistas y talleres de investigación participativa.	Sector agrícola- pequeños productores de café	3 dimensiones 18 indicadores
(Lockwood et al., 2015)	Desarrollaron escalas psicométricas para estas dimensiones y probamos su consistencia interna (confiabilidad) y validez (qué tan bien las medidas definen el constructo) usando análisis factorial.	Paisaje agrícola en Australia	4 dimensiones 14 indicadores
Nhuan et al., 2016	Desarrolló una encuesta con base en el enfoque de indicadores para evaluar la CA. Los datos de la encuesta de hogares se procesaron mediante métodos estadísticos descriptivos, análisis de	Capacidad adaptativa al cambio climático de los hogares	6 dimensiones 17 indicadores

	componentes principales (ACP) y análisis de regresión lineal múltiple.	urbanos en Vietnam Central	
Araya-Muñoz et al., 2016	Crearon un marco general de indicadores, estandarizados y agregados mediante lógica difusa y se llevó cabo un análisis de sensibilidad, incertidumbre y correlación para evaluar la robustez, mediante superposición difusa en ArcGIS 10.	Capacidad adaptativa de zonas urbanas en Chile	6 dimensiones 17 indicadores
Abdul-Razak & Kruse, 2017	Validación de determinantes e indicadores a través de entrevista a expertos. Ranking para cada determinante e indicadore mediante el promedio de clasificación de puntuaciones (asignados por los expertos).	Agricultura familiar	6 dimensiones 22 indicadores
Li et al., 2017	Análisis de correlación de pearson para probar la complementariedad y la sustitución entre indicadores. Coeficiente de regresión estandarizado y análisis factorial para integrar indicadores de capital complementarios, y se utilizó una tasa de contribución de cada factor para calcular la CA.	Sector agrícola ante las sequías provocadas por cambio climático	6 dimensiones 13 indicadores
Monterroso & Conde, 2017	Estandarización y normalización de los variables de cada indicador. Se estimó un índice de CA para cada municipio y el rango final de valores se dividió en cinco grupos de acuerdo con la distribución geométrica de las frecuencias de valores.	Nivel municipal Capacidad de adaptación del territorio	4 dimensiones 19 indicadores
Holland et al., 2017	Se creó un índice de CA, las variables se seleccionaron mediante entrevistas a 109 expertos y se realizaron 3 talleres de validación de indicadores.	Mapeo de la Capacidad adaptativa y la agricultura en pequeña escala en América central	5 dimensiones 14 indicadores
Hoan et al., 2019	Métodos cualitativos: se basó en calificar motivación y habilidades (MOTA). Se diseñó un índice CA a partir de motivación y habilidades de agricultores y se realizan entrevistas semiestructuradas para evaluar la percepción, motivación y capacidad de los agricultores	Sector agrícola bajo impacto de intrusión de agua salada por cambio climático	3 dimensiones 6 indicadores 14 subíndices.
Zanmassou et al., 2020	Se crearon 5 grupos de indicadores basado en los cinco capitales, los datos fueron normalizados y se utilizaron dos esquemas de ponderación para combinar los indicadores en un índice compuesto:	Sector agrícola- Pequeños productores	6 dimensiones 22 indicadores

	igual ponderación y juicio de expertos. Con el fin de analizar la consistencia de la incertidumbre, se realizó una simulación de Monte Carlo.		
Matewos, 2020	Investigación mixta: se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos. Se utilizaron encuestas transversales de hogares, entrevistas con informantes clave y discusiones de grupos focales para recopilar datos relevantes.	Capacidad adaptativa de hogares rurales propensos a sequías debido al cambio climático	5 dimensiones 14 indicadores
Chepkoech et al., 2020	Realizaron encuesta de clasificación en línea de expertos (n = 35). La prueba de Kruskal-Wallis H y la prueba t se utilizaron para probar la independencia de las puntuaciones AC y el acceso a los recursos existentes.	Sector agrícola	5 dimensiones 20 indicadores
Khan et al., 2021	Los datos se adquirieron mediante una encuesta a nivel de finca, las variables obtenidas se agruparon en tres grupos. Se aplicó análisis de componentes principales como análisis exploratorio. Se normalizaron los datos y se asignaron pesos a cada variable a juicio de experto y se calculó el Índice de CA.	Agricultura (productores de arroz)	3 dimensiones 11 indicadores
Choden et al., 2020	Encuesta a Hogares (seleccionados con muestreo aleatorio) sobre percepción de cambios en el clima y sobre los bienes de capital disponibles. Se realizó un análisis factorial: Método de rotación Normalización Varimax con Kaiser y un análisis de componentes principales (PCA)	Evaluación de Capacidad adaptativa a nivel de hogar y aldea en la cuenca hidrográfica de Nikachu, Bután	6 dimensiones 19 indicadores
(Putri & Setiadi, 2020)	Mediante entrevistas con informantes clave seleccionados por medio de un muestreo intencional y se creó un índice de CA.	Capacidad adaptativa comunitaria, Semarang Indonesia	4 dimensiones 7 indicadores
Kumar & Brewster, 2022	Se construyó un árbol de criterios de decisión, estandarizaron los criterios en un rango de escala de 0-1 y finalmente realizar una evaluación de la vulnerabilidad y CA al cambio climático.	Vulnerabilidad al cambio climático: un estudio de caso de la región india del Himalaya Menor	3 dimensiones 10 indicadores

Se identificaron 329 indicadores agrupados en nueve diferentes dimensiones: recursos económicos, recursos humanos, infraestructura para la producción y comercialización, institucionalidad, capital social, recursos naturales, servicios básicos, infraestructura para la vivienda y flexibilidad. Además, se identificaron 14 dimensiones específicas que pueden mostrar mayor relevancia para la estimación de la capacidad adaptativa al cambio climático. Los autores proponían de entre 6 y 22 indicadores para medir la capacidad de adaptación al cambio climático en cada estudio, dependiendo del enfoque de la investigación, mayormente se trataba de investigaciones para productores agrícolas.

Resultado del análisis de coincidencias (frecuencias), se identificaron y seleccionaron seis dimensiones predominantes (recursos económicos, recursos humanos, Infraestructura para producción y comercialización, institucionalidad, capital social y recursos naturales) y 14 dimensiones específicas. A partir de estas dimensiones se diseñaron 19 indicadores (Figura 1).

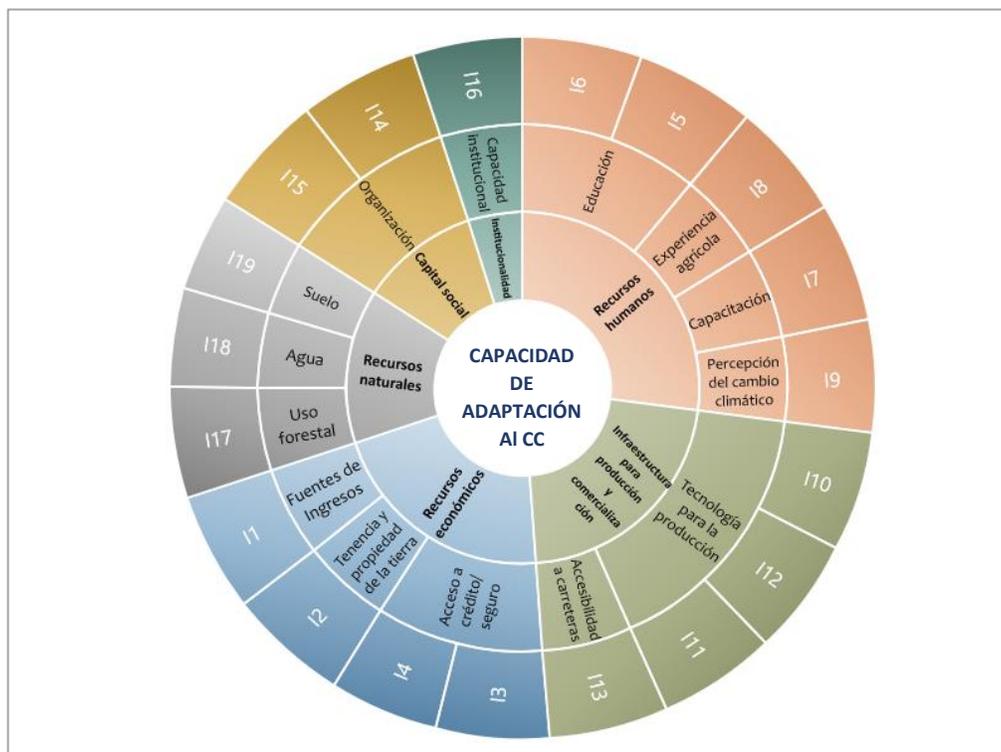


Figura 1. 6 Dimensiones, 14 Dimensiones específicas y 19 Indicadores, agrupados.
Fuente: elaborado por los autores.

De acuerdo con el proceso de calibración, considerando los 3 criterios evaluados, todos los indicadores obtuvieron un promedio ponderado alto (1.63 - 2.00). 10 de los 19 indicadores cumplen cabalmente con los criterios de claridad, relevancia y monitoreo (puntaje = 2.00); 5 indicadores obtuvieron una calificación muy cercana a cumplimiento cabal de los criterios (1.87-1.97) y los 4 restantes obtuvieron las calificaciones ponderadas entre 1.63 y 1.83 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores ponderados obtenidos para cada indicador

Indicador	Claridad	Relevancia	Monitoreo	Valor de Suma Ponderada
I1. Porcentaje de productores agrícolas con diversas fuentes de ingreso en la región de estudio	2	2	2	2
I2. Porcentaje de productores con los derechos de propiedad de su(s) parcela(s) en la región de estudio (localidad, municipio)	2	2	2	2
I3. Porcentaje de productores agrícolas que cuentan con acceso a crédito o financiamiento en la región de estudio	2	1.8	1.9	1.9
I4. Porcentaje de productores que cuentan con seguro agrícola en la región de estudio	2	1.6	1.9	1.83
I5. Porcentaje de productores (cabeza de hogar) que saben leer/escribir en la región de estudio	2	2	2	2
I6. Proporción de integrantes de la familia productora (con edad de entre 6 y 24 años) que asiste actualmente a la escuela	2	2	2	2
I7. Proporción de productores que han recibido asistencia técnica o capacitación en los últimos 5 años	2	2	2	2
I8. Número años (promedio) de experiencia en producción agrícola de los productores de la región de estudio	2	2	2	2
I9. Porcentaje de productores que han experimentado cambios por eventos climáticos (en su unidad de producción o en la zona de estudio)	1.7	2	2	1.9
I10. Porcentaje de productores de la región que cuentan con tecnología de riego para producción agrícola	2	2	2	2

I11. Porcentaje de personas en la región que cuentan con maquinaria para realizar actividades agrícolas	2	1.9	2	1.97
I12. Proporción de productores de la región que cuentan con tecnología de información y comunicación para cuestiones productivas	2	1.9	2	1.97
I13. Grado de accesibilidad a carreteras pavimentadas en la región (localidad/municipio)	2	2	2	2
I14. Productores de la región de estudio (localidad, municipio) que participan en alguna organización del sector primario	2	2	2	2
I15. Productores de la región (localidad, municipio) que participan en alguna organización social o comunitaria	2	2	2	2
I16. Grado de capacidad institucional del municipio/entidad para hacer frente al cambio climático	2	2	1.5	1.83
I17. Cobertura forestal de la región de estudio (localidad/municipio)	2	1.9	1.7	1.87
I18. Disponibilidad de agua per cápita en la entidad	2	2	1	1.67
I19. Grado de calidad de suelo de la región de estudio	2	2	0.9	1.63

Es necesario aclarar que, de los 4 indicadores que obtuvieron la calificación más baja, en 3 de ellos se debió a la dificultad que representa el monitoreo, por esta razón el valor de suma ponderada es menor.

Con base en los resultados del proceso de calibración, el cuadro 3 muestra la propuesta final de indicadores (información relevante se encuentra en el anexo 5).

Cuadro 3. Propuesta de indicadores para la evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático

Dimensión	Dimensión específica	Indicador
D1. Recursos económicos	DE1. Fuentes de Ingresos	I1. Porcentaje de productores agrícolas con diversas fuentes de ingreso en la región de estudio
	DE2. Tenencia o propiedad de la tierra	I2. Porcentaje de productores con los derechos de propiedad de su(s) parcela(s) en la región de estudio (localidad, municipio)
	DE3. Acceso a crédito/seguro	I3. Porcentaje de productores agrícolas que cuentan con acceso a crédito o financiamiento en la región de estudio

		I4. Porcentaje de productores que cuentan con seguro agrícola en la región de estudio
D2. Recursos humanos	DE4. Educación	I5. Porcentaje de productores (cabeza de hogar) que saben leer/escribir en la región de estudio
		I6. Proporción de integrantes de la familia productora (con edad de entre 6 y 24 años) que asiste actualmente a la escuela
	DE5. Capacitación	I7. Proporción de productores que han recibido asistencia técnica o capacitación en los últimos 5 años
	DE6. Experiencia agrícola	I8. Número años (promedio) de experiencia en producción agrícola de los productores de la región de estudio
D3. Infraestructura para producción y comercialización	DE7. Percepción del cambio climático	I9. Porcentaje de productores que han experimentado cambios por eventos climáticos (en su unidad de producción o en la zona de estudio)
	DE8. Tecnología para producción	I10. Porcentaje de productores de la región que cuentan con tecnología de riego para producción agrícola
		I11. Porcentaje de personas en la región que cuentan con maquinaria para realizar actividades agrícolas
		I12. Proporción de productores de la región que cuentan con tecnología de información y comunicación para cuestiones productivas
D4. Capital social	DE9. Accesibilidad a carreteras	I13. Grado de accesibilidad a carreteras pavimentadas en la región (localidad/municipio)
	DE10. Organización	I14. Productores de la región de estudio (localidad, municipio) que participan en alguna organización del sector primario
		I15. Productores de la región (localidad, municipio) que participan en alguna organización social o comunitaria
D5. Institucionalidad	DE11. Capacidad institucional	I16. Grado de capacidad institucional del municipio/entidad para hacer frente al cambio climático
D6. Recursos naturales	DE12. Uso forestal	I17. Cobertura forestal de la región de estudio (localidad/municipio)
	DE13. Agua	I18. Disponibilidad de agua per cápita en la entidad
	DE14. Suelo	I19. Grado de calidad de suelo de la región de estudio

Discusión

Los resultados confirman que no existe un método estándar para la evaluación de la capacidad de adaptación. La comunidad científica ha propuesto algunos métodos para acercarse a una evaluación sistémica, sin embargo, son heterogéneos: van desde los métodos que utilizan modelación o mapeo con uso de sistemas de información geográfica hasta entrevistas semiestructuradas e investigación etnográfica (Engle, 2011). El método más común se centra en la identificación de dimensiones, y la construcción de indicadores o de índices compuestos, y aunque ha sido criticado por la deficiencia de validez espacio-temporal, éste brinda un amplio espectro para tener una línea de base y realizar un monitoreo de las potencialidades que tienen las personas para hacer frente al cambio climático y de sus estrategias de adaptación.

A pesar de la heterogeneidad de los métodos, las condiciones y los territorios, se identificaron algunos determinantes en común que permiten estimar la capacidad de adaptación al cambio climático. A continuación, se discute la trascendencia de las 6 dimensiones y 19 indicadores seleccionados y validados.

Recursos económicos. El factor económico de los productores agrícolas es decisivo para lograr capacidad de adaptación y en gran medida está relacionado con la diversificación de fuentes de ingreso o medios de vida (Barrett et al., 2001; Monterroso et al., 2018; Zanmassou et al., 2020). De acuerdo con algunos estudios, los hogares que reciben ingresos de diversas fuentes tienen mayor seguridad para tomar decisiones y afrontar los retos e impactos derivados de los cambios en el clima y les permite desarrollar estrategias de adaptación (Leah et al., 2013). Por el contrario, se ha demostrado que las personas con opciones limitadas para obtener ingresos económicos son personas más vulnerables (Aryal et al., 2021). En este sentido, la literatura sugiere que los pequeños productores agrícolas o productores de subsistencia que dependen únicamente de las actividades primarias suelen ser personas de muy baja capacidad de adaptación (Choden et al., 2020; [H.-O. Pörtner IPCC D. C. Roberts, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.), 2022; Zanmassou et al., 2020).

En el sector agrícola, la tenencia de la tierra juega un papel importante, ya que es la base para la planificación de las actividades primarias; permite a los productores tomar decisiones y realizar cambios de largo plazo sobre el manejo de la unidad de producción (IPCC, 2019). La tenencia de la tierra favorece la capacidad de adaptación de las personas, y particularmente de las familias agrícolas (Monterroso & Conde, 2017). Este componente, es indispensable para la obtención de algunos apoyos, financiamiento, seguro agrícola o algún otro subsidio. De acuerdo con Holland et al. (2017) el no tener la

tenencia de la tierra segura limita la capacidad de adaptación al cambio climático y a los cambios sociales.

Recursos humanos. Los autores consultados en esta investigación coincidieron en que la educación y el desarrollo de capacidades de las personas o comunidades tiene una relación directa con la mejora de la capacidad adaptativa (Abdul-Razak & Kruse, 2017; Araya-Muñoz et al., 2016; Chen S. et al., 2016; Chepkoech et al., 2020; Choden et al., 2020; Defiesta & Rapera, 2014; Hoan et al., 2019; Juhola & Kruse, 2015; Kumar & Brewster, 2022; Lockwood et al., 2015; Matewos, 2020; Monterroso & Conde, 2017; Nhuan et al., 2016; Quiroga et al., 2020; Zannmassou et al., 2020). Cuanto mayor sea el nivel de educación de los integrantes de un hogar, mayor será el acceso al conocimiento y a la información sobre los problemas ambientales y a la percepción de los impactos del cambio climático (Choden et al., 2020). La educación formal permite empoderar a las comunidades rurales, es un aspecto importante a considerar cuando se trata de gestionar estrategias de producción agrícola resiliente (Maiti et al., 2017). Además, la educación es un elemento indispensable para lograr procesos de innovación en el sector agrícola (Sonnino & Ruane, s. f.).

Existe evidencia de que la educación es factor indispensable y está relacionado con varios procesos que pueden generar acciones para mejorar la adaptación a los impactos del cambio climático (Monterroso et al., 2018), por ejemplo: para la definición del calendario agrícola, para el desarrollo de mercados, para la diversificación y rotación de cultivos, para impulsar la organización efectiva de las comunidades o grupos de productores y para la sistematización de las actividades agrícolas y el logro de rentabilidad en las unidades de producción (Abdul-Razak & Kruse, 2017; Defiesta & Rapera, 2014; Khan et al., 2021; Matewos, 2020; Ruiz Meza, 2015; Zannmassou et al., 2020). Algunos estudios han evidenciado también, que el aspecto cultural tiene relación con la conservación de los recursos naturales y permite la simbiosis entre los humanos y el ambiente (Acosta-Michlik & Espaldon, 2008).

El capital humano también considera los conocimientos tradicionales: las tradiciones, creencias, la cosmovisión de comunidades indígenas y rurales, que a menudo hacen parte de las estrategias de adaptación al cambio climático (Reyes-García et al., 2018). La experiencia de los productores en la agricultura es importante y puede favorecer la capacidad de adaptación al cambio climático, ya que le permite al productor tener un nivel de percepción más integral y puede generar una ola de conocimiento en el nivel local. Además, la experiencia agrícola es uno de los determinantes significativos en la adopción de tecnología (Bryan et al., 2009) y la percepción de los agricultores sobre el cambio climático y la variabilidad del clima tiene una influencia significativa en la implementación de estrategias de adaptación exitosa (Tanti et al., 2022).

Infraestructura para producción y comercialización. Existe evidencia suficiente para afirmar que la disponibilidad de tecnología e infraestructura para la realización de actividades primarias es una ventaja y contribuye en tener una alta capacidad de adaptación, además de facilitar la adopción de tecnologías y de nuevas estrategias para la adaptación al cambio climático (Mugi-Ngenga et al., 2021). Los productores agrícolas con mejores condiciones de infraestructura suelen ser menos vulnerables y resienten menos los impactos del cambio climático. Como parte de la infraestructura en el sector agrícola, la accesibilidad de las carreteras es un elemento indispensable para el desarrollo de las actividades productivas y comerciales, algunos estudios han mostrado que influye en la mejora de la capacidad adaptativa.

Institucionalidad. La existencia de instituciones formales e informales en una región o comunidad juegan un papel relevante (Berman et al., 2012), ya que pueden influir positiva o negativamente en la capacidad adaptativa de las personas y las comunidades, y en el éxito de los procesos de adaptación; depende realmente de las relaciones de poder y del nivel de interacción que exista entre ellas (Cid et al., s. f.). La capacidad de adaptación tiene una amplia relación con múltiples factores, entre ellos la política y la institucionalidad (Adger et al., 2009), es imprescindible que exista una buena gobernanza para enfocar los esfuerzos institucionales de manera priorizada, orientado en los grupos de personas más vulnerables o grupos con mayor riesgo de producción al cambio climático (en el caso del sector agrícola) (Andrijevic et al., 2020; Cholo et al., 2020; Thomas et al., 2019).

Capital social. Las redes u organizaciones dentro de una comunidad contribuyen en la mejora de la capacidad de adaptación, fortalecen los lazos ante alguna emergencia social o climática (Abdul-Razak & Kruse, 2017; Adger et al., 2005; Aryal et al., 2021; Leah et al., 2013; Zannmassou et al., 2020) y mejoran la disposición de los productores para generar estrategias de adaptación al cambio climático o para buscar apoyo del gobierno (Aryal et al., 2021). Algunos estudios han evidenciado que los agricultores siguen las acciones de sus vecinos y confían unos en otros para obtener información. Ante la implementación de una estrategia de extensionismo de agricultor a agricultor, es más probable que se replique el conocimiento entre pares (Tanti et al., 2022; Zannmassou et al., 2020).

Recursos naturales. Es la base para la construcción de otros capitales, sostiene todas las formas de vida y contribuye a la regulación del clima (Belle et al., 2017; Cohen et al., 2019). La combinación de suelos fértiles y precipitaciones adecuadas es indispensable para desarrollar las actividades agrícolas, la calidad de estos recursos dependerá del ambiente de producción de cada productor: entre mayor sea el grado de calidad del suelo, mejor será su capacidad de adaptación, y las acciones de adaptación a implementar implicarán menor reto en comparación con un productor con suelo degradado.

Los bosques son recursos clave para el suministro, la calidad y la cantidad de agua, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados (Bates et al., 2008). La disponibilidad y el acceso a recursos naturales, como el agua y los recursos forestales incrementan la capacidad de las personas para responder al cambio climático y la variabilidad ambiental (AECID, 2018); sin embargo, hay evidencia de que para asegurar el uso racional y diversificado del paisaje se requiere que las personas cuenten con otras potencialidades, como el conocimiento formal y tradicional, disponibilidad de recursos económicos y, por supuesto, percepción del cambio climático y la voluntad de actuar y de hacer uso de las habilidades y recursos con los que cuentan.

Los resultados de este estudio mostraron puntajes bajos para los indicadores relacionados con los recursos naturales, sin embargo, se considera que los elementos de esta dimensión son indispensables para medir la capacidad de adaptación y para el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático. Estos indicadores son útiles para la evaluación de la capacidad de adaptación al cambio climático, sin embargo, tal como recomienda Juhola y Kruse (2015) es necesario ajustar cada indicador de acuerdo con el objetivo de la medición de la capacidad de adaptación y el nivel al que pretenda realizarse la evaluación.

Conclusiones

Este estudio ha logrado identificar las dimensiones e indicadores con mejor potencial para la estimación de la capacidad adaptativa, derivado del análisis de coincidencia y un proceso de validación. Se proponen diecinueve indicadores que permiten categorizar de manera empírica la capacidad adaptativa al cambio climático. Los resultados son útiles para la estimación de la capacidad de adaptación a nivel de tipo de productor o a nivel de comunidad (o región específica), sin embargo, el éxito de la estimación dependerá de la información que se encuentre disponible a nivel que se requiera medir. Medir la capacidad de adaptación al cambio climático de las personas (mejor aún, de los productores agrícolas), permite identificar el nivel del potencial que se tiene en campo para hacer frente a los efectos del cambio climático. Es un tema que se recomienda atender a la brevedad, para identificar -entre tanta heterogeneidad- cuáles y en donde se encuentran los productores agrícolas con menor capacidad de adaptación y plantear estrategias de adaptación al cambio climático con el apoyo de las instituciones. Para México sería significativo estimar la capacidad de adaptación para cada tipo de productor -una vez que se cuente con los resultados del censo agropecuario 2022- y realizar un ejercicio de planeación estratégica que permita priorizar y focalizar la distribución de los recursos públicos en la atención de los productores con menor capacidad adaptativa al cambio climático.

Literatura citada

- Abaje, I. B., Sawa, B. A., Iguisi, E. O., & A.I., A. (2015). Assessment of Rural Communities' Adaptive Capacity to Climate Change in Kaduna State, Nigeria. *Journal of Environment and Earth Science*, 5, 14-23.
- Abdul-Razak, M., & Kruse, S. (2017). The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management*, 17, 104-122. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.001>
- Acosta-Michlik, L., & Espaldon, V. (2008). Assessing vulnerability of selected farming communities in the Philippines based on a behavioural model of agent's adaptation to global environmental change. *Global Environmental Change*, 18(4), 554-563. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.08.006>
- Adger W. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3): 268-281. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281.
- Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15(2), 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>
- Adger, W. N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D. R., Naess, L. O., Wolf, J., & Wreford, A. (2009). Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change*, 93(3), 335-354. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9520-z>
- AECID. (2018). Lecciones aprendidas sobre agricultura resiliente al cambio climático para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en América Latina y el Caribe. AECID. https://www.aecid.es/Centro-Documentacion/Documentos/Publicaciones%20AECID/Agricultura_resiliente.pdf
- Andrijevic, M., Crespo Cuaresma, J., Mutarak, R., & Schleussner, C.-F. (2020). Governance in socioeconomic pathways and its role for future adaptive capacity. *Nature Sustainability*, 3(1), 35-41. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0405-0>
- Araya-Muñoz, D., Metzger, M. J., Stuart, N., Wilson, A. M. W., & Alvarez, L. (2016). Assessing urban adaptive capacity to climate change. *Journal of Environmental Management*, 183, 314-324. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.060>
- Aryal, J. P., Sapkota, T. B., Rahut, D. B., Marennya, P., & Stirling, C. M. (2021). Climate risks and adaptation strategies of farmers in East Africa and South Asia. *Scientific Reports*, 11(1), 10489. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89391-1>
- Barrett, C. B., Reardon, T., & Webb, P. (2001). Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: Concepts, dynamics, and policy implications. *Food Policy*, 26(4), 315-331. [https://doi.org/10.1016/S0306-9192\(01\)00014-8](https://doi.org/10.1016/S0306-9192(01)00014-8)
- Bates, B., Kundzewicz, Z. W., & IPCC (Eds.). (2008). *Climate change and water*. IPCC.
- Belle, J. A., Collins, N., & Jordaan, A. (2017). Building Resilience in Natural Capital to Reduce Disaster Risks and Adapt to Climate Change: A Case of Wetlands in the Eastern Free State; South Africa. *American Journal of Environmental Sciences*, 13(5), 358-377. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2017.358.377>

- Berman, R., Quinn, C., & Paavola, J. (2012). The role of institutions in the transformation of coping capacity to sustainable adaptive capacity. *Environmental Development*, 2, 86-100. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2012.03.017>
- Brooks, N., Adger, W. N., & Kelly, P. M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2), 151-163. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>
- Bryan, E., Deressa, T. T., Gbetibouo, G. A., & Ringler, C. (2009). Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: Options and constraints. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 413-426. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.11.002>
- Chen, M., Sun, F., Berry, P., Tinch, R., Ju, H., & Lin, E. (2015). Integrated assessment of China's adaptive capacity to climate change with a capital approach. *Climatic Change*, 128(3), 367-380. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1163-7>
- Chen, S., Chen, X., & Xu, J. (2016). Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 76, 105-124. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.01.005>
- Chepkoech, W., Mungai, N. W., Stöber, S., & Lotze-Campen H. (2020). Understanding adaptive capacity of smallholder African indigenous vegetable farmers to climate change in Kenya. *Climate Risk Management*, 27, 100204. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100204>
- Choden, K., Keenan, R. J., & Nitschke, C. R. (2020). An approach for assessing adaptive capacity to climate change in resource dependent communities in the Nikachu watershed, Bhutan. *Ecological Indicators*, 114, 106293. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106293>
- Cholo, T. C., Peerlings, J., & Fleskens, L. (2020). Gendered climate change adaptation practices in fragmented farm fields of Gamo Highlands, Ethiopia. *Climate and Development*, 12(4), 323-331. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1618234>
- Christiansen, L., & Martinez, G., Naswa, Prakriti, UNEP DTU Partnership. (2018). Adaptation metrics—Perspectives on measuring, aggregating and comparing adaptation results. UNEP DTU Partnership.
- Cid, A., Cano, D., Montalvo, V., Ruíz-Bedolla, K., Romero-Cazares, M., Monterroso Rivas, A. I., Caso, M., & García Meneses, P. (s. f.). Insights for Building Institutional Capacities for Climate Change Adaptation: Evidence from Mexico (pp. 1-21). https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3_246-1
- Cinner, J. E., Adger, W. N., Allison, E. H., Barnes, M. L., Brown, K., Cohen, P. J., Gelcich, S., Hicks, C. C., Hughes, T. P., Lau, J., Marshall, N. A., & Morrison, T. H. (2018). Building adaptive capacity to climate change in tropical coastal communities. *Nature Climate Change*, 8(2), 117-123. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0065-x>
- Clay, N. (2018). Integrating livelihoods approaches with research on development and climate change adaptation. *Progress in Development Studies*, 18(1), 1-17. <https://doi.org/10.1177/1464993417735923>
- Cohen, F., Hepburn, C. J., & Teytelboym, A. (2019). Is Natural Capital Really Substitutable? *Annual Review of Environment and Resources*, 44(1), 425-448. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033055>

- Consejo Nacional de Evaluación de la Política Pública (CONEVAL). (2021). Términos de Referencia de la Evaluación de Indicadores. CONEVAL.
- Defiesta, G., & Rapera, C. (2014). Measuring Adaptive Capacity of Farmers to Climate Change and Variability: Application of a Composite Index to an Agricultural Community in the Philippines. *Journal of Environmental Science and Management*, 17(2), Article 2. https://doi.org/10.47125/jesam/2014_2/05
- Eakin, H., Lerner, A. M., & Murtinho, F. (2010). Adaptive capacity in evolving peri-urban spaces: Responses to flood risk in the Upper Lerma River Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 20(1), 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.08.005>
- Engle, N. L. (2011). Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change*, 21(2), 647-656. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019>
- Eriksen, S., & Kelly, P. (2007). Developing credible vulnerability indicators for climate adaptation policy assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12, 495-524.
- Ferro Azcona, H., Mesa-Jurado, M. A., Espinoza-Tenorio, A., Díaz Perera, M. Á., Mendoza-Carranza, M., Olivera-Villarroel, M., & Gómez-Pais, G. de las M. (2022). Coastal communities' adaptive capacity to climate change: Pantanos de Centla Biosphere Reserve, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 220, 106080. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106080>
- Filho, W. L., Balogun, A.-L., Olayide, O. E., Azeiteiro, U. M., Ayal, D. Y., Muñoz, P. D. C., Nagy, G. J., Bynoe, P., Oguge, O., Yannick Toamukum, N., Saroar, M., & Li, C. (2019). Assessing the impacts of climate change in cities and their adaptive capacity: Towards transformative approaches to climate change adaptation and poverty reduction in urban areas in a set of developing countries. *Science of The Total Environment*, 692, 1175-1190. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.227>
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- Gammans, M., Mérel, P., & Ortiz-Bobea, A. (2017). Negative impacts of climate change on cereal yields: Statistical evidence from France. *Environmental Research Letters*, 12(5), 054007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6b0c>
- Granados Ramírez, R., & Sarabia Rodríguez, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(3), 435-446. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342013000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Gupta, J., Termeer, C., Klostermann, J., Meijerink, S., van den Brink, M., Jong, P., Nootboom, S., & Bergsma, E. (2010). The Adaptive Capacity Wheel: A method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society. *Environmental Science & Policy*, 13(6), 459-471. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.05.006>
- Harvey, C. A., Saborio-Rodríguez, M., Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Chain-Guadarrama, A., Vignola, R., & Alpizar, F. (2018). Climate change impacts and adaptation among smallholder farmers in Central America. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 57. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0209-x>
- Hoan, N. X., Nguyen Khoi, D., & Trung, L. D. (2019). Assessing the adaptive capacity of farmers under the impact of saltwater intrusion in the Vietnamese Mekong Delta. *Journal of*

Environmental Planning and Management, 62(9), 1619-1635.
<https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1631147>

- Holland, M. B., Shamer, S. Z., Imbach, P., Zamora, J. C., Medellín Moreno, C., Hidalgo, E. J. L., Donatti, C. I., Martínez-Rodríguez, M. R., & Harvey, C. A. (2017). Mapping adaptive capacity and smallholder agriculture: Applying expert knowledge at the landscape scale. *Climatic Change*, 141(1), 139-153. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1810-2>
- IICA-México, Cooperación Alemana para el Desarrollo, E. (Alemania), Deschamps Solórzano, L., Garza, C. de la, Kuhlmann, A., & Díaz, M. (2018). Agenda de cambio climático y producción agroalimentaria. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/9153>
- Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI. (2009). CAMBIO CLIMÁTICO: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación (p. 19).
- IPCC. (2014). Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. (N.o AR5; Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 34). Cambridge University Press.
- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty (Special Report on Climate Change, p. 630). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_Low_Res.pdf
- IPCC. (2019). Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* (Special report on climate change, p. 36). IPCC. <https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>
- IPCC. (2021). Summary for policymakers. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, Ö. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability—Summary for Policymakers* (The Working Group II Sixth Assessment Report; *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II*, p. 35). The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- Jorqueta-Fontena, E., & Orrego-Verdugo, R. (2010). Impacto del calentamiento global en la fenología de una variedad de vid cultivada en el Sur de Chile. *Agrociencia*, 44(4), 427-435. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952010000400003&lng=es&nrm=iso&tling=es
- Juhola, S., & Kruse, S. (2015). A framework for analysing regional adaptive capacity assessments: Challenges for methodology and policy making. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(1), 99-120. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9481-z>

- Khan, N. A., Gao, Q., Abid, M., & Shah, A. A. (2021). Mapping farmers' vulnerability to climate change and its induced hazards: Evidence from the rice-growing zones of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(4), 4229-4244. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10758-4>
- Kumar, P., & Brewster, C. (2022). Co-production of climate change vulnerability assessment: A case study of the Indian Lesser Himalayan region, Darjeeling. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 0(0), 1-26. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2022.2033792>
- Lam, N. S.-N., Arenas, H., Brito, P. L., & Liu, K.-B. (2014). Assessment of vulnerability and adaptive capacity to coastal hazards in the Caribbean Region. *Journal of Coastal Research*, 70(sp1), 473-478. <https://doi.org/10.2112/SI70-080.1>
- Leah, J., Pradel, W., Cole, D. C., Prain, G., Creed-Kanashiro, H., & Carrasco, M. V. (2013). Determinants of household food access among small farmers in the Andes: Examining the path. *Public Health Nutrition*, 16(1), 136-145. <https://doi.org/10.1017/S1368980012000183>
- Li, M., Huo, X., Peng, C., Qiu, H., Shangguan, Z., Chang, C., & Huai, J. (2017). Complementary livelihood capital as a means to enhance adaptive capacity: A case of the Loess Plateau, China. *Global Environmental Change*, 47, 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.004>
- Lockwood, M., Raymond, C. M., Oczkowski, E., & Morrison, M. (2015). Measuring the dimensions of adaptive capacity: A psychometric approach. *Ecology and Society*, 20(1). <https://www.jstor.org/stable/26269733>
- Maiti, S., Jha, S. K., Garai, S., Nag, A., Bera, A. K., Paul, V., Upadhaya, R. C., & Deb, S. M. (2017). An assessment of social vulnerability to climate change among the districts of Arunachal Pradesh, India. *Ecological Indicators*, 77, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.006>
- Matewos, T. (2020). The state of local adaptive capacity to climate change in drought-prone districts of rural Sidama, southern Ethiopia. *Climate Risk Management*, 27, 100209. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100209>
- Mendelsohn, R. O., & Massetti, E. (2017). The Use of Cross-Sectional Analysis to Measure Climate Impacts on Agriculture: Theory and Evidence. *Review of Environmental Economics and Policy*, 11(2), 280-298. <https://doi.org/10.1093/reep/rex017>
- México-INECC. (2015). *Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020-2030 (INDC intended Nationally Determined Contribution 2020-2030)*. 19.
- Monterroso, A. I., Conde, A. C., & Pérez, J. L. (2018). Multi-temporal assessment of vulnerability to climate change: Insights from the agricultural sector in Mexico. *Climatic Change*, 147(3-4), 457-473. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2157-7>
- Monterroso, A. I., & Conde, C. (2017). Adaptive capacity: Identifying the challenges faced by municipalities addressing climate change in Mexico. *Climate and Development*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1372264>
- Monterroso-Rivas, A., Conde-Álvarez, C., Rosales-Dorantes, G., Gómez-Díaz, J., & Gay-García, C. (2011). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera* (vol. 24, pp. 53-67)., 24(53-67).
- Mugi-Ngenga, E. W., Kiboi, M. N., Mucheru-Muna, M. W., Mugwe, J. N., Mairura, F. S., Mugendi, D. N., & Ngetich, F. K. (2021). Indigenous and conventional climate-knowledge for enhanced

- farmers' adaptation to climate variability in the semi-arid agro-ecologies of Kenya. *Environmental Challenges*, 5, 100355. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100355>
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M., & Lee, D. (2009). Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation (p. 19). International Food Policy Research Institute. <https://doi.org/10.2499/0896295370>
- Nhuan, M. T., Tue, N. T., Hue, N. T. H., Quy, T. D., & Lieu, T. M. (2016). An indicator-based approach to quantifying the adaptive capacity of urban households: The case of Da Nang city, Central Vietnam. *Urban Climate*, 15, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.01.002>
- Pardey, P. G., Beddow, J. M., Hurley, T. M., Beatty, T. K. M., & Eidman, V. R. (2014). A Bounds Analysis of World Food Futures: Global Agriculture Through to 2050. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 58(4), 571-589. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12072>
- Putri, I. H. S., & Setiadi, R. (2020). Building a Community Adaptive Capacity Model: A Case Study of the Tanjungmas Sub-District in Semarang Municipality. *The Indonesian Journal of Planning and Development*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.14710/ijpd.5.1.1-10>
- Quiroga, S., Suárez, C., Diego Solís, J., & Martínez-Juarez, P. (2020). Framing vulnerability and coffee farmers' behaviour in the context of climate change adaptation in Nicaragua. *World Development*, 126, 104733. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104733>
- Reyes-García, V., Benyei, P., & Calvet-Mir, L. (2018). Traditional agricultural knowledge as a commons. In *Routledge Handbook Of Food As A Commons*. Routledge.
- Ruiz Meza, L. E. (2015). Adaptive capacity of small-scale coffee farmers to climate change impacts in the Soconusco region of Chiapas, Mexico. *Climate and Development*, 7(2), 100-109. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.900472>
- SEMARNAT. (2020). Contribución Determinada a nivel Nacional: México. Versión actualizada 2020. (Oficial N.o 2; p. 39). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/348/968_2020_Contribucion_Determinada_a_nivel_Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Simotwo, H. K., Mikalitsa, S. M., & Wambua, B. N. (2018). Climate change adaptive capacity and smallholder farming in Trans-Mara East sub-County, Kenya. *Geoenvironmental Disasters*, 5(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40677-018-0096-2>
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 282-292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Soares, D., & Sandoval-Ayala, N. C. (2016). Percepciones sobre vulnerabilidad frente al cambio climático en una comunidad rural de Yucatán. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(4), 113-128. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-24222016000400113&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Sonnino, A., & Ruane, J. (s. f.). La innovación en agricultura como herramienta de la política de seguridad alimentaria: El caso de las biotecnologías agrícolas. 28.
- Stringer, L. C., Fraser, E. D., Harris, D., Lyon, C., Pereira, L., Ward, C. F., & Simelton, E. (2019). Adaptation and development pathways for different types of farmers. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) Working Paper, 270.

[https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/101600/CCAFS_WP_No.270 - Adaptation and development pathways.pdf](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/101600/CCAFS_WP_No.270_-_Adaptation_and_development_pathways.pdf)

- Struik, P. C., & Kuyper, T. W. (2017). Sustainable intensification in agriculture: The richer shade of green. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5), 39. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0445-7>
- Tanti, P. C., Jena, P. R., Aryal, J. P., & Rahut, D. B. (2022). Role of institutional factors in climate-smart technology adoption in agriculture: Evidence from an Eastern Indian state. *Environmental Challenges*, 7, 100498. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100498>
- Thathsarani, U. S., & Gunaratne, L. H. P. (2018). Constructing and Index to Measure the Adaptive Capacity to Climate Change in Sri Lanka. *Procedia Engineering*, 212, 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.036>
- Thomas, K., Hardy, R. D., Lazrus, H., Mendez, M., Orlove, B., Rivera-Collazo, I., Roberts, J. T., Rockman, M., Warner, B. P., & Winthrop, R. (2019). Explaining differential vulnerability to climate change: A social science review. *WIREs Climate Change*, 10(2), e565. <https://doi.org/10.1002/wcc.565>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260-20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Vincent, K. (2007). Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. *Global Environmental Change*, 17(1), 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.11.009>
- Williams, C., Fenton, A., & Huq, S. (2015). Knowledge and adaptive capacity. *Nature Climate Change*, 5(2), 82-83. <https://doi.org/10.1038/nclimate2476>
- Zanmassou, Y. C., Al-Hassan, R. M., Mensah-Bonsu, A., Osei-Asare, Y. B., & Igue, C. B. (2020). Assessment of smallholder farmers' adaptive capacity to climate change: Use of a mixed weighting scheme. *Journal of Environmental Management*, 276, 111275. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111275>

CAPITULO IV. BARRERAS Y POTENCIALIDADES DE LOS PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE LA MESETA COMITECA TOJOLABAL QUE INCIDEN EN LA CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN

Artículo sometido para su revisión a la revista Sociedad y Ambiente.

Introducción

México presenta condiciones geográficas y socioculturales que lo convierten en un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático (De la Mora et al., 2016; Murray-Tortarolo, 2021). Los cambios más drásticos se han evidenciado en la disminución de la precipitación media anual, cambios en los patrones de precipitación, así como el incremento de la intensidad de extremos cálidos, esto ha traído como consecuencia un aumento de las sequías, la aridez y los incendios forestales (Herrera-Pantoja & Hiscock, 2015; IPCC, 2022).

El sistema agrícola del país es particularmente vulnerable a estos cambios, ya que los productores dependen de condiciones agroclimáticas estables para la sostenibilidad de sus medios de vida. Las consecuencias económicas de estos cambios se evidencian en pérdidas de producción, disminución de calidad de los productos agrícolas y aumento de la inseguridad alimentaria (López & Hernández, 2016; Monterroso-Rivas et al., 2018; Murray-Tortarolo et al., 2018)

Sin embargo, estos impactos son diferentes en cada región del país. En el estado de Chiapas la evidencia a través de indicadores climáticos demuestra que ha habido un aumento en la temperatura (De la Mora et al., 2016; Figueroa et al., 2017). Por otra parte los estudios sociales muestran que los productores agrícolas perciben cambios en el clima, principalmente el aumento en la temperatura y cambio en los patrones de lluvia, como resultado de estos cambios han aumentado pérdidas de cosechas, reducción de fuentes de agua (Barrasa-García, 2017; Lastra et al., 2018; Meli et al., 2015; Ruiz Meza, 2014).

Ante esta situación se han establecido compromisos a través de marcos normativos nacionales, regionales y estatales, con el objetivo de mejorar la adaptación y mitigación en todos los sectores sociales, entre los cuales se incluye el sector agroalimentario. La Ley General de Cambio Climático orienta las acciones a nivel nacional para reducir la vulnerabilidad (de las personas y los ecosistemas) causada por las acciones adversas del cambio climático (*Ley general de cambio climático*, 2012). Uno de los mecanismos principales que promueve esta ley son las Contribuciones Determinadas a nivel nacional,

a partir de este mecanismo se han establecido compromisos para mejorar la adaptación en los sistemas agroalimentarios a través de sistemas agrícolas sostenibles (México-CICC, 2018; México-INECC, 2015; SEMARNAT, 2020)

Para la gente que se dedica al sector agrícola la aplicación de estos compromisos presenta múltiples desafíos metodológicos, entre otros resaltan dos, que se relacionan específicamente con la medición de la capacidad de adaptación de los productores. El primero es la enorme diversidad de los productores agrícolas mexicanos con condiciones heterogéneas y contrastantes, que necesariamente deben clasificarse y agruparse para definir políticas dirigidas. En el país se han realizado aproximaciones para clasificar a los productores, algunas se han enfocado en aspectos económicos como: mano de obra familiar, ingresos por ventas, superficie dedicada a la producción o destino de la producción entre otros (CEPAL, 1981; Coronado-Minjarez et al., 2019; FAO & SAGARPA, 2012; Reyna-Ramírez et al., 2020; Soto Baquero et al., 2007; Yúnez Naude et al., 2013). Sin embargo, estas clasificaciones no aportan suficientes elementos para tomar decisiones enfocadas en enfrentar el cambio climático y mejorar la adaptación y mitigación de este. Poco a poco se abren nuevas perspectivas, como una reciente propuesta que desarrolla una tipología multidimensional de productores agrícolas que permite clasificar a los productores a partir del nivel de riesgo que enfrentan ante el cambio climático (Maldonado-Méndez, Romo-Lozano, Baca del Moral, et al., 2022). El segundo desafío es la definición de indicadores adecuados para medir y dar seguimiento a la capacidad de adaptación. La diversidad de enfoques teóricos y metodológicos que existen en este campo dificultan la elección de indicadores y variables validados para una correcta medición de la capacidad de adaptación (Abdul-Razak & Kruse, 2017; Mortreux & Barnett, 2017; Siders, 2019). Para México, recientemente Maldonado-Méndez, Romo-Lozano, & Monterroso-Rivas, (2022a) a partir de un metaanálisis se proponen variables e indicadores con mayor potencial para la capacidad de adaptación a nivel de productores agrícolas. Ante la existencia de estas propuestas, el objetivo de esta investigación fue identificar las barreras o potencialidades de los productores agrícolas de la región Meseta Comiteca Tojolabal que inciden en su capacidad de adaptación al cambio climático.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la Meseta Comiteca Tojolabal (MCT), ubicada en el estado de Chiapas la cual cuenta con una extensión territorial de 7,424.73 km². Este territorio está conformado por siete municipios: Comitán, La Independencia, La Trinitaria, Las Margaritas, Tenejapa, Tzimol y Las Rosas (Figura 1). Las actividades económicas principales corresponden a la producción agrícola (agricultura de temporal y pastizales cultivados). Existen aproximadamente 52,000 unidades de producción (300 mil ha), de

las cuales 183,491 hectáreas son de agricultura, 94,682 de ganadería, 19,668 son de bosques y 2,190 sin vegetación. Debido a la diversidad de microclimas de la región se producen cultivos de clima templado como café de altura y en zonas bajas cultivo caña de azúcar. Así mismo, los medios de vida de las comunidades rurales dependen de la milpa y en algunos casos de la venta de productos agropecuarios excedentes, como maíz, frijol, café, hortalizas y algunas cabezas de ganado (Gobierno del Estado de Chiapas, 2018).

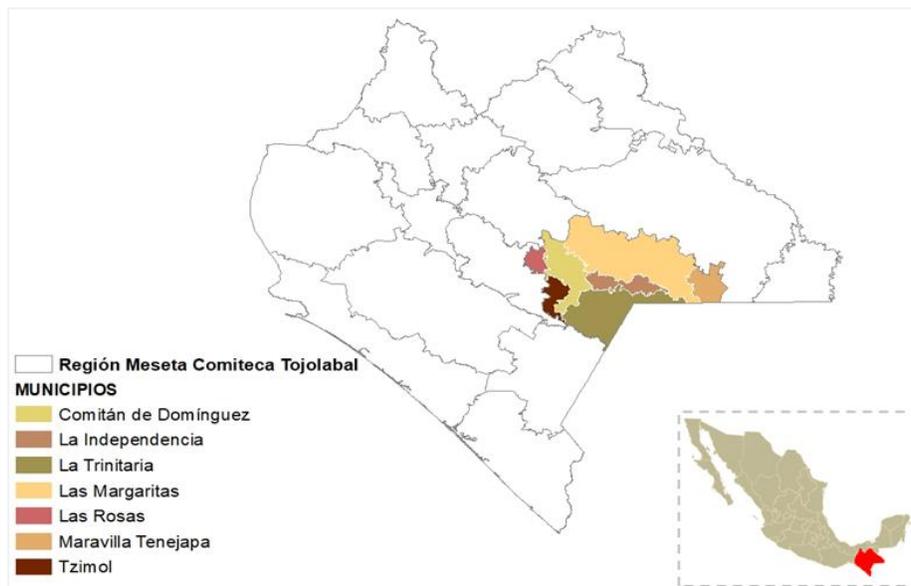


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio: Región Meseta Comiteca Tojolabal

Esta investigación se realizó en dos etapas: Durante la primera etapa se aplicaron 108 cuestionarios a productores predominantemente agrícolas, pecuarios o silvicultores. El protocolo de entrevista constaba en tres secciones (Anexo 7): en la primera se indagó sobre información socioeconómica de los productores, como edad, experiencia agrícola y alfabetización; además, sobre las características de las unidades de producción, como: actividades productivas y tipo de producción (incluyendo tipos de cultivo/ganado y disponibilidad de riego), para identificar la diversificación de fuentes de ingreso. Se recopiló información sobre acceso a maquinaria agrícola o tecnología de comunicación, destino de la producción, acceso a vías carreteras, participación en organizaciones productivas o sociales, acceso a crédito, propiedad de la tierra, acceso a capacitación/asistencia técnica y acceso a subsidios o remesas. La siguiente sección exploró sobre la percepción que tienen los productores sobre los cambios referentes al clima y su impacto en la producción agrícola y finalmente, se consultó sobre la participación familiar en el quehacer agrícola.

Posteriormente, se seleccionaron informantes clave de la región para aplicar 10 cuestionarios a funcionarios públicos y extensionistas o técnicos agropecuarios de cada municipio. Se indagó sobre las condiciones socioeconómicas de los municipios, se

consultó sobre la percepción de cambios en las zonas de producción agrícola, presencia de eventos extremos o problemas ambientales y cómo han tratado de gestionar algunos peligros climáticos y daños provocados en los últimos años en el sector agrícola debido a estos cambios en el clima.

En la segunda etapa se realizó un análisis cualitativo de las características específicas de cada uno de los productores entrevistados para identificar y categorizarlos con base en la tipología de productores agrícolas en contexto de cambio climático (Cuadro 1). La tipología permite agrupar hasta en 19 clases a los productores rurales. Los cuestionarios fueron capturados en una hoja de cálculo de Excel y para las 18 variables obtenidas (Anexo 1). Las variables fueron estandarizadas y normalizadas estadísticamente, y se realizó un análisis comparativo entre los productores de diferente tipo y municipio de la Región Meseta Comiteca Tojolabal (RMCT). Finalmente, se realizaron gráficos de radar para cada municipio para representar las múltiples variables y visualizar el comportamiento por cada tipo de productor identificado.

Cuadro 1. Tipología de productores agrícolas aplicada en el estudio

Tipo		Descripción
T1	Productor familiar	Productor familiar de subsistencia con muy alta sensibilidad y nivel medio de exposición al cambio climático
T2	Productor familiar	Productor familiar de subsistencia con muy alta sensibilidad y nivel bajo de exposición al cambio climático
T3	Productor familiar	Productor familiar de subsistencia con muy alta sensibilidad y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático
T4	Productor familiar	Productor familiar de subsistencia altamente sensible y nivel bajo a medio de exposición al cambio climático
T5	Productor familiar	Productor familiar de subsistencia con condiciones mínimas para la diversificación, altamente sensible y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T6	Productor familiar	Productor familiar de subsistencia con condiciones mínimas para la diversificación, de sensibilidad media-alta y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático
T7	Productor familiar	Productor familiar con ingresos agrícolas de sensibilidad media-alta y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T8	Productor familiar	Productor familiar con ingresos agrícolas, sensibilidad media y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T9	Productor familiar	Productor familiar con ingresos agrícolas, sensibilidad baja-media y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático

T10	Productor de transición	Productor de transición con sensibilidad media-alta y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T11	Productor de transición	Productor de transición de sensibilidad baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T12	Productor empresarial	Productor empresarial de baja rentabilidad, sensibilidad baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T13	Productor empresarial	Productor empresarial de sensibilidad muy baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático
T14	Productor empresarial	Productor empresarial de sensibilidad baja y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T15	Productor empresarial	Productor empresarial de sensibilidad muy baja-baja y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático
T16	Productor empresarial	Productor empresarial de sensibilidad mínima-baja y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático
T17	Productor empresarial	Productor empresarial de sensibilidad muy baja y nivel bajo de exposición al cambio climático
T18	Productor empresarial	Productor empresarial de sensibilidad mínima y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático
T19	Productor empresarial	Productor empresarial de sensibilidad mínima y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático

Fuente: Maldonado et al., 2022.

Resultados

Derivado del análisis de los datos obtenidos de una serie de cuestionarios a productores agrícolas, pecuarios o silvicultores y a informantes clave. Las estadísticas descriptivas revelaron que la edad media de los agricultores fue de 56 años, con rango de 21 hasta 83 años. La duración media de la experiencia agrícola fue de 44 años. Al menos 76.9% de los productores sabe leer y escribir (donde 38% cursaron la primaria incompleta, 22% cursaron primaria completa, 15% cursaron nivel secundaria y hasta educación media superior y el 1.9% restante cursaron el nivel licenciatura) y 23.1% son analfabetas. Debido a las condiciones biofísicas y de clima, los cultivos predominantes encontrados fueron: maíz y frijol para todos los municipios de estudio; y de manera diferenciada: jitomate y hortalizas para Comitán, La Independencia y La Trinitaria. Se identificó café y cardamomo para Las Margaritas y Maravilla Tenejapa; y caña de azúcar para Las Rosas y Tzimol.

De acuerdo con la tipología de productores se identificó que el 56% de ellos pertenecen a los tipos 1 al 6, considerados productores familiares de subsistencia. Por otra parte,

29% pertenece a los tipos 7, 8 y 9 que representan productores familiares con ingresos agrícolas y el 15% restante fueron identificados como productores de los tipos 10, 11, 12, 13, 14 y 16 (ver Cuadro 1 y figura 2).

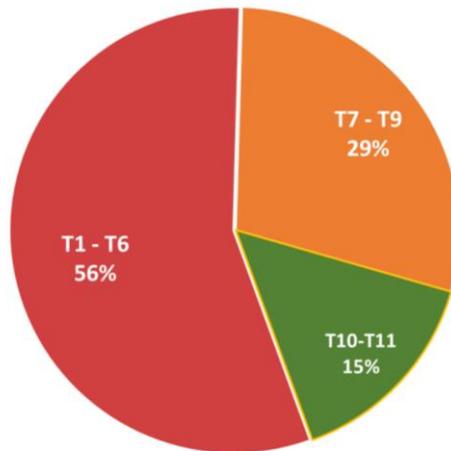


Figura 2. Representatividad de los tipos de productores en la Meseta Comiteca Tojolabal

Para los municipios de Las Margaritas y Maravilla Tenejapa el 100% de los productores pertenece a grupos de productores tipificados como productores familiares (Figura 3).

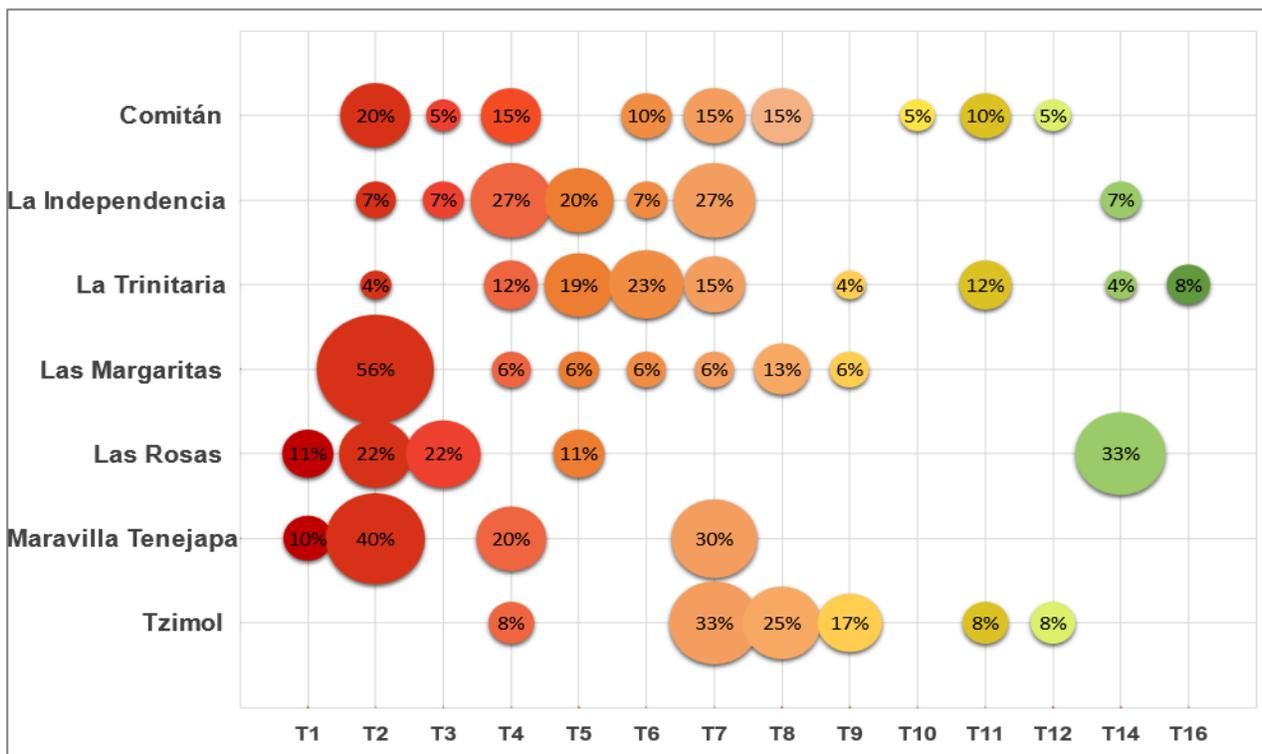


Figura 3. Tipos de productores agrícolas en la Meseta Comiteca Tojolabal por municipio y distribución porcentual

La diversificación de fuentes de ingresos se observa en los diferentes tipos de productores, a mayor escala en tipos de productores con menor riesgo de producción (T9 a T16), principalmente para los municipios de Comitán, Trinitaria, Las Margaritas, Las Rosas y Tzimol. La experiencia agrícola es similar en todos los municipios, sobresalen los productores de los Margaritas.

La educación del productor es una característica similar para todos los municipios y tipos de productores, sin embargo, respecto al nivel educativo de los integrantes de la familia del productor, es distinta, ya que al menos el 60% de los productores manifestó que los hijos de entre 6 y 24 años se encuentran estudiando; esta condición predomina en los municipios de Comitán, La Trinitaria, La Independencia y Las Rosas. El seguro y crédito agrícola son dos condiciones a las que difícilmente tienen acceso los productores de la región.

La disponibilidad y acceso a riego y maquinaria agrícola, como tractores o implementos, se encontró como una condición de productores categorizados en los grupos de transición o empresariales. El acceso a Tecnología de Información y Comunicación (TIC) y el grado de acceso por carreteras pavimentadas se encuentra disponible para todos los productores de 6 municipios, excepto para Maravilla Tenejapa. Cabe resaltar que la tecnología más común es el teléfono, sin embargo, este es utilizado para comunicarse y no para cuestiones de producción.

Algunos productores pertenecen a organización de tipo productiva, precisando que la mayoría de ellos participa con dicha organización para obtener algún proyecto o subsidio de gobierno; en el caso de los municipios de Tzimol y Las Rosas, participan en Organizaciones de cañeros para lograr la comercialización de la caña al Ingenio Azucarero La Fe, ubicado en una zona cercana a la RMTTC. El total de productores (100%) cuenta con la propiedad de la tierra, principalmente de tipo parcelada. También, 100% de los productores argumentaron que han percibido cambios en el clima, incluso han señalado la presencia de eventos extremos que no eran comunes antes del año 2010 (Figura 4).

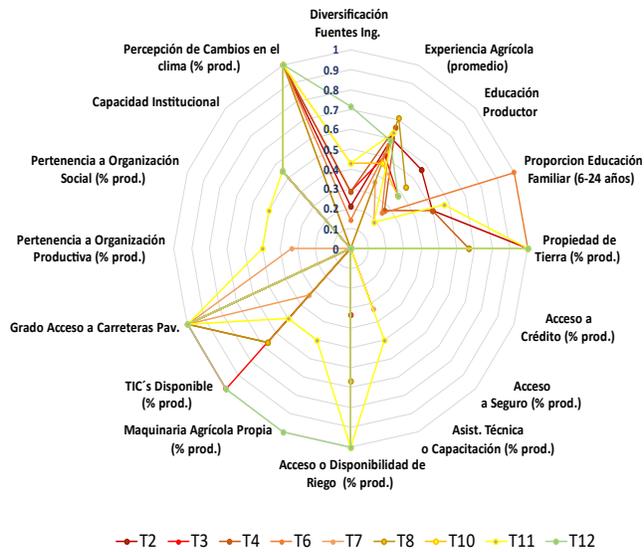


Figura 4a. Municipio de Comitán

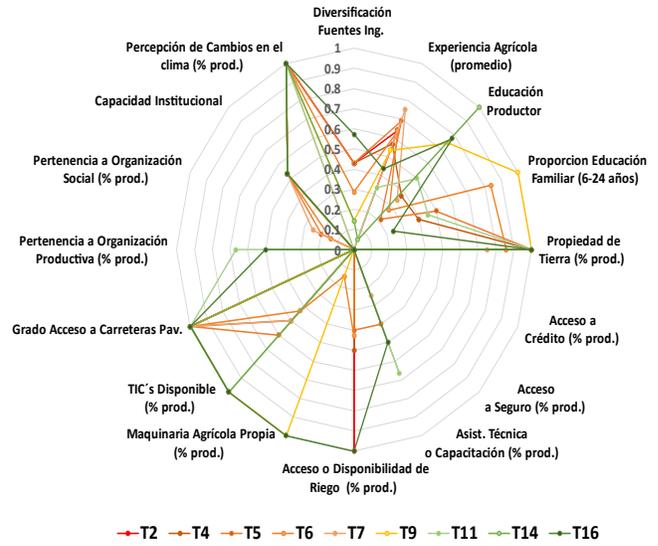


Figura 4b. Municipio de La Trinitaria

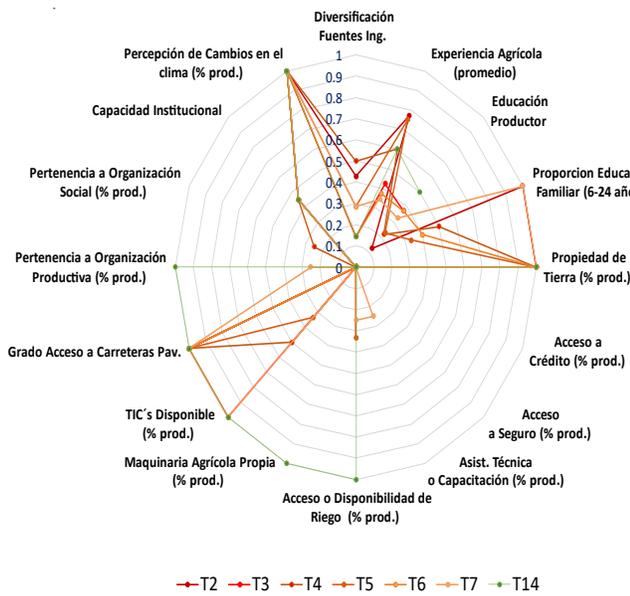


Figura 4c. Municipio de La Independencia

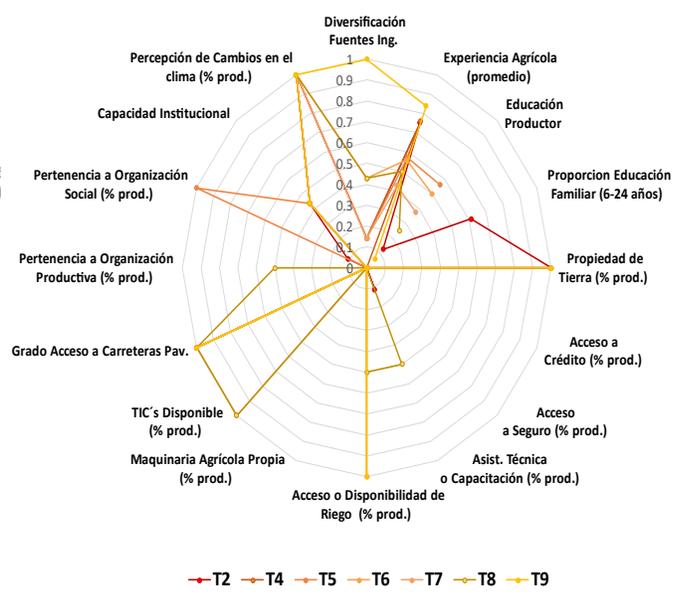


Figura 4d. Municipio de Las Margaritas

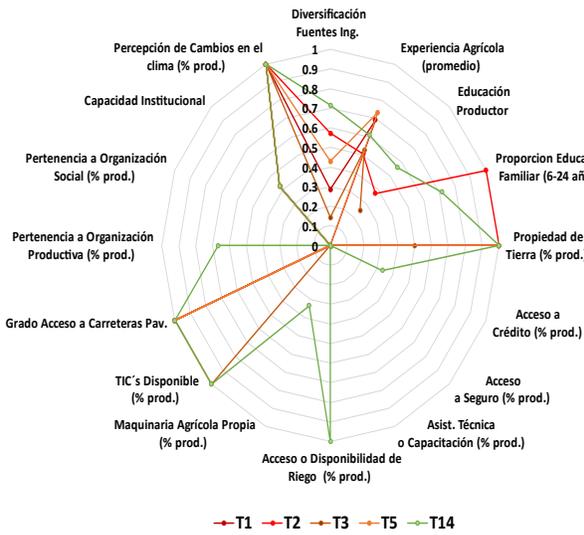


Figura 4e. Municipio de Las Rosas

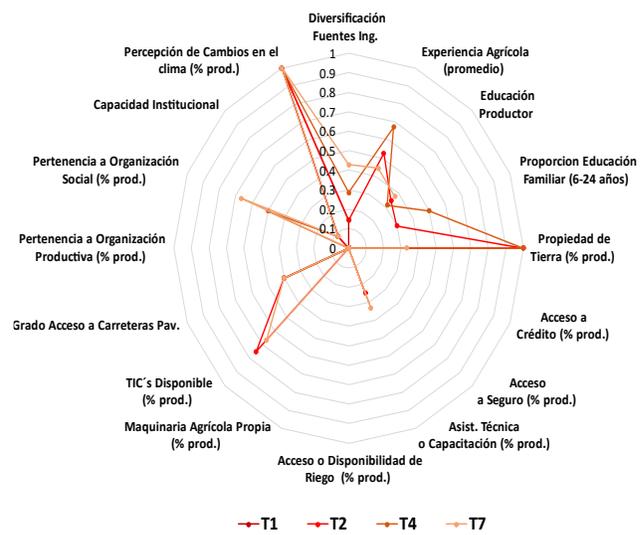


Figura 4f. Municipio de Maravilla Tenejapa

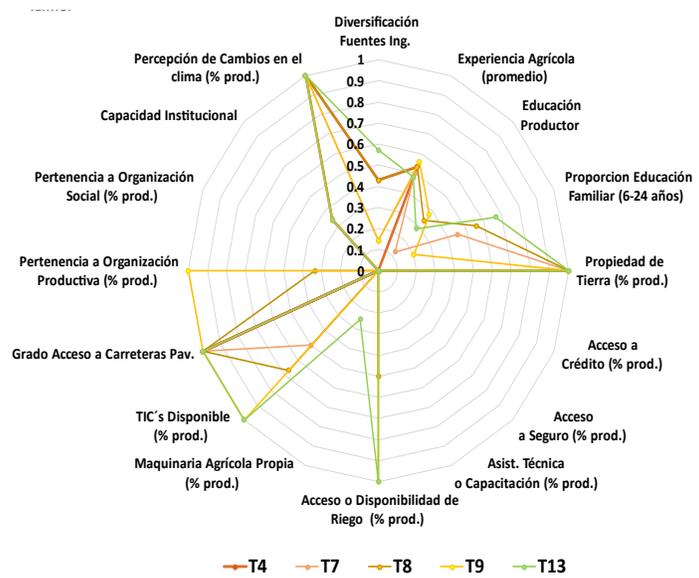


Figura 4g. Municipio de Tzimol

Figura 4. Comportamiento de las variables para cada municipio (4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g)

Existe consenso en la percepción de los productores sobre los cambios en el clima de la Región. Sin embargo, mientras la mayor parte de los productores manifestó percibir un incremento en la temperatura; en el municipio de Maravilla Tenejapa han observado que la temperatura se ha mantenido igual o ha disminuido. Respecto a las lluvias, en promedio el 76% del total de productores ha manifestado que ha disminuido la cantidad de agua que llueve en su localidad o municipio y el 24% restante refirieron que las lluvias son variables o erráticas (Figura 5). Finalmente, el 99% de los productores manifestaron haber tenido alguna pérdida de cultivo o de cosecha alguna vez durante la última década, y no fue posible obtener apoyo de alguna institución federal, estatal o municipal para recuperar o subsanar su pérdida.

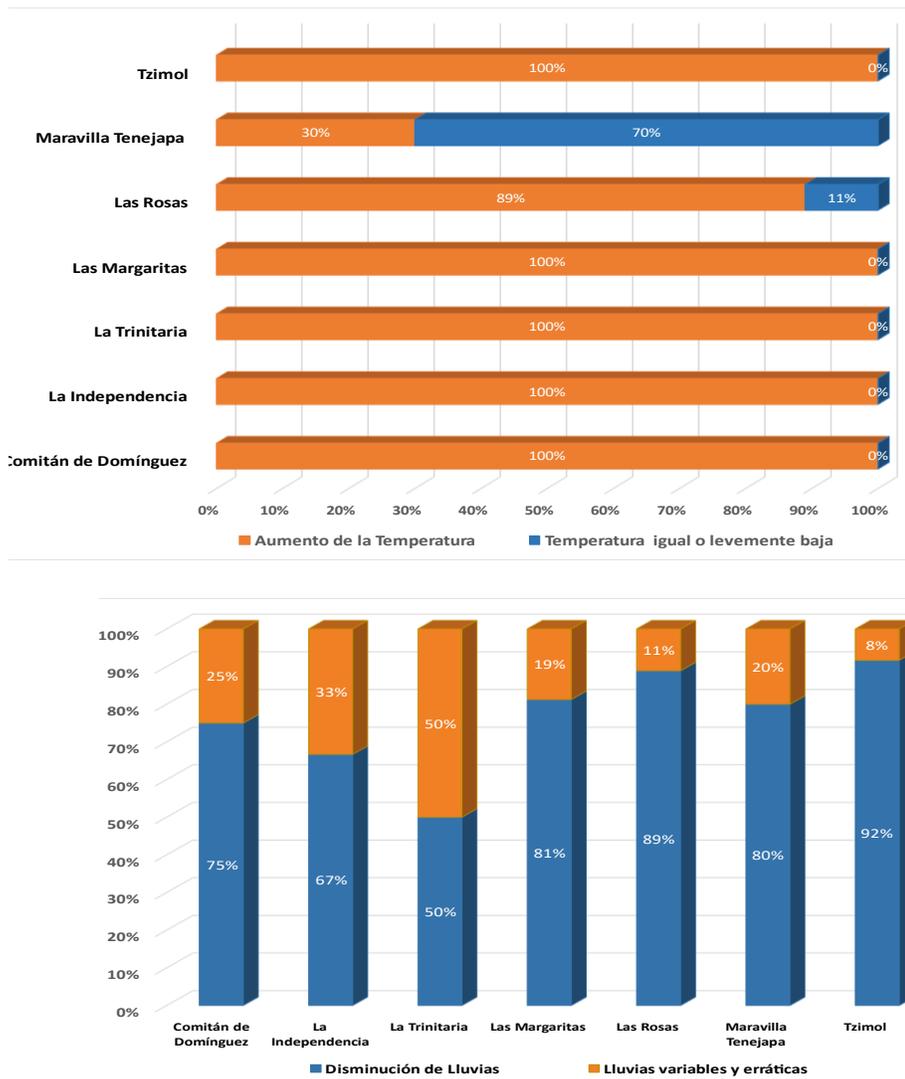


Figura 5. Cambios percibidos por los productores sobre la Temperatura (5a) y la precipitación (5b) de la Región.

Discusión

Una de las potencialidades relevantes de la Región es su capital natural, ya que cuenta con bosque de coníferas, mesófilo de montaña y de encino; selva perennifolia y caducifolia, vegetación inducida y bosque de coníferas, además conserva la selva alta perennifolia por la que mantiene conectividad ecológica con la Selva Lacandona (Gobierno de Chiapas, 2019). La disponibilidad y el acceso a recursos naturales, como el agua y los recursos forestales incrementan la capacidad de las personas para responder al cambio climático y la variabilidad ambiental (AECID, 2018; Bates et al., 2008). Sin embargo, existe evidencia de que para asegurar el uso racional y diversificado del paisaje se requiere que las personas cuenten con otras potencialidades, como el conocimiento formal y tradicional, disponibilidad de recursos económicos y, por supuesto, percepción del cambio climático y la voluntad de actuar y de hacer uso de las habilidades y recursos con los que cuentan.

Otras fortalezas consisten en que la mayoría de los productores cuentan con la propiedad de la tierra asegurada, lo que les permite tomar decisiones e intentar diversificar las fuentes de ingreso, de acuerdo con sus posibilidades. El grado de acceso a vías carreteras es muy alto para los municipios de la Región, a excepción de Maravilla Tenejapa con un grado bajo de acceso, según CONEVAL (2018). Es importante reconocer que el conocimiento local es una fortaleza relevante en la Región, dado que los productores tienen un alto nivel de experiencia agrícola (44 años en promedio), característica sobresaliente de acuerdo con estudios de Holland et al. (2017) y Reyes-García et al. (2018). Aunque, el relevo generacional en el campo es limitado, los hijos de los productores con edades entre los 6 y 24 años continúan estudiando, lo cual puede ser una ventaja para las familias productoras. Esto coincide con algunos autores que han declarado que la educación y el desarrollo de capacidades de las personas o comunidades tiene una relación directa con la mejora de la capacidad adaptativa (Abdul-Razak & Kruse, 2017; Araya-Muñoz et al., 2016; Chen S. et al., 2016; Chepkoech et al., 2020; Choden et al., 2020; Juhola & Kruse, 2015; Kumar & Brewster, 2022; Lockwood et al., 2015; Matewos, 2020; Monterroso & Conde, 2017).

En la Región Meseta Comiteca Tojolabal el 86% de los productores pertenece a los tipos de productores familiares: 57% de subsistencia y 20% con ingresos mínimos por la venta de productos agropecuarios excedentes. Mantener la estabilidad de los medios de vida de los productores agrícolas familiares es un reto importante para la Región, sobre todo considerando que Chiapas es uno de los estados con mayores índices de pobreza y desigualdad. Las principales barreras a las que se enfrentan los productores agrícolas de la RMCT, son:

A nivel económico, los productores consideran que la agricultura de temporal (secano) es una actividad de alto riesgo, principalmente por la variabilidad y la reducción de las lluvias (Preston et al., 2011), algunas frases mencionadas durante las entrevistas fueron: *“ahora ya no sabemos cuándo es adecuado sembrar”*; *“Las cabañuelas me ayudaban a planear el calendario agrícola, ahora ya no, es muy venturoso sembrar con el temporal”*.

El alto costo de insumos agrícolas y la escasez de mano de obra, ya que el relevo generacional es limitado. El seguro agrícola es una inversión que los productores no pueden realizar debido al alto costo y a que la gran mayoría son pequeños productores, incluso los productores de caña que tienen un contrato de compra-venta con el ingenio azucarero no cuenta con este servicio. Respecto a facilidades crediticias no es común en esta región, a excepción de un productor de la zona cañera del municipio de las Rosas, quien pertenece a una organización de productores cañeros y esta le ofrece la posibilidad de brindar crédito para la adquisición de insumos agrícolas como pago anticipado.

A nivel tecnológico, el acceso a maquinaria agrícola (10% del total de productores), a tecnología de información y comunicación (50%) y a tecnología de riego (30%) son limitados, lo que coincide con otros estudios realizados por Masud et al. (2017) y Shukla et al. (2019). Los productores que cuenta con TIC's, en su mayoría consisten en acceso a teléfono de casa o celular, el cual no es utilizado propiamente para desarrollar actividades productivas o comerciales, sino que solo se trata de un instrumento de comunicación. La tecnología de riego existe mayormente en las unidades de producción del municipio de Tzimol, por medio de canales de riego; en los casos de Comitán y Trinitaria consisten en pozos y con el apoyo de una bomba hidroeléctrica pueden obtener el agua para los cultivos. El acceso a maquinaria agrícola es posible por medio de renta de tractor e implementos; en contraste, algunos productores aún utilizan yunta, principalmente en La Trinitaria y La Independencia.

A nivel de recursos humanos, la educación de los productores es limitada (4to grado) y el acceso a capacitación o de asistencia técnica es muy limitada (Muttarak & Lutz, 2014). Respecto a la percepción de los productores coincide con los resultados de investigaciones realizadas en la zona: cambio en los patrones de lluvia y desplazamiento de los calendarios de lluvia, incremento en la temperatura, así como consecuencias que incluyen pérdida de cosechas (Barrasa-García, 2017; Ruiz Meza, 2014).

Los resultados de esta investigación indican que la zona estudiada cuenta con baja capacidad institucional (Cid et al., 2020), esta situación es aún más preocupante ya que de acuerdo con López & Laguna, (2020) Chiapas tiene un nivel de cumplimiento del 43% en los instrumentos de política al cambio climático. Sin embargo, una gran parte de estos instrumentos no son vigentes y están desactualizados (SEMARNAT & INECC, 2019). A

nivel municipal tampoco hay políticas sólidas que respalden y fomenten la capacidad de adaptación de los productores agrícolas. Este limitado capital social a nivel de los productores y nivel de las políticas municipales y estatales dificultan la creación de sinergias sólidas que contribuyan a mejorar la capacidad de adaptación.

Conclusiones

En el estudio se identificaron algunas fortalezas de la región para hacer frente al cambio climático, como: la base de recursos naturales con que cuenta la región, la seguridad que les brinda la tenencia y propiedad de la tierra a los productores y en la diversificación de fuentes de ingresos, principalmente de los productores empresariales. Se alcanzó el objetivo al dar cuenta de algunas barreras identificadas, como: el bajo nivel escolar, la deficiencia de recursos tecnológicos para la producción agrícola, el acceso limitado de capacitación y asistencia técnica, las limitaciones de acceso para obtener créditos o seguro agrícola y la baja capacidad institucional. Ahora, será posible sustentar políticas públicas para dirigir la adaptación según el tipo de productor para el desarrollo de sus capacidades adaptativas. Los productores de la meseta Comiteca Tojolabal perciben cambios en el clima y estos cambios son negativos para sus procesos de producción, lo que sugiere que debe continuar estudiándose en el futuro. También, debe profundizarse en las barreras que limitan la capacidad de adaptación, monitoreando si son efectivamente impedimentos para fomentar la adaptación al cambio climático.

Literatura Citada

- Abdul-Razak, M., & Kruse, S. (2017). The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management*, 17, 104-122. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.001>
- AECID. (2018). Lecciones aprendidas sobre agricultura resiliente al cambio climático para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en América Latina y el Caribe. AECID. https://www.aecid.es/Centro-Documentacion/Documentos/Publicaciones%20AECID/Agricultura_resiliente.pdf
- Araya-Muñoz, D., Metzger, M. J., Stuart, N., Wilson, A. M. W., & Alvarez, L. (2016). Assessing urban adaptive capacity to climate change. *Journal of Environmental Management*, 183, 314-324. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.060>
- Barrasa-García, S. B. (2017). Percepción del cambio climático en comunidades campesinas de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas, México. *Cuadernos Geográficos*, 56(3), 44-65. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5210>
- Bates, B., Kundzewicz, Z. W., & IPCC. (2008). *Climate change and water*. IPCC.
- CEPAL. (1981). *Economía campesina y agricultura: Tipología de productores del Agro Mexicano* (p. 120). Comisión Económica para América Latina (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25265/S8100382_es.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Chen, S., Chen, X., & Xu, J. (2016). Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China. *Journal of Environmental Economics and Management*, 76, 105-124. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.01.005>
- Chepkoech, W., Mungai, N. W., Stöber, S., & Lotze-Campen, H. (2020). Understanding adaptive capacity of smallholder African indigenous vegetable farmers to climate change in Kenya. *Climate Risk Management*, 27, 100204. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100204>
- Choden, K., Keenan, R. J., & Nitschke, C. R. (2020). An approach for assessing adaptive capacity to climate change in resource dependent communities in the Nikachu watershed, Bhutan. *Ecological Indicators*, 114, 106293. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106293>
- Cid, A., Cano, D., Montalvo, V., Ruíz-Bedolla, K., Romero-Cazares, M., Monterroso-Rivas, A. I., Caso, M., & García-Meneses, P. M. (2020). Insights for Building Institutional Capacities for Climate Change Adaptation: Evidence from Mexico. En W. Leal Filho, J. Luetz, & D. Ayala (Eds.), *Handbook of Climate Change Management: Research, Leadership, Transformation* (W. Leal Filho et al. (eds.), pp. 1-21). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22759-3_246-1
- CONEVAL. (2018). Grado de accesibilidad carretera. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Grado_accesibilidad_carretera.aspx

- Coronado-Minjarez, M. A., Figueroa-Rodríguez, K. A., Figueroa-Sandoval, B. F., García-Herrera, E. J. G., & Ramírez-López, A. (2019). Caracterización y clasificación de los productores del altiplano oeste potosino, México: Una propuesta de tipología multidimensional. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16(3), 373-397. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7134420>
- De la Mora, C. de la, Ruíz Corral, J. A., Flores López, H. E., Zarazúa Villaseñor, P., Ramírez Ojeda, G., Medina García, G., Rodríguez Moreno, V. M., Chávez Durán, Á. A., Mora Orozco, C. de la, Ruíz Corral, J. A., Flores López, H. E., Zarazúa Villaseñor, P., Ramírez Ojeda, G., Medina García, G., Rodríguez Moreno, V. M., & Chávez Durán, Á. A. (2016). Climate change indices in the state of Chiapas, Mexico, for the period 1960-2009. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(SPE13), 2523-2534. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342016000902523&lng=pt&nrm=iso&tlng=en
- Ley general de cambio climático, (2012) (testimony of DOF). https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5531463&fecha=13/07/2018#gsc.tab=0
- FAO & SAGARPA. (2012). Diagnóstico del sector rural y pesquero de México (p. 162). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO-México) - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). [http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/OtrosEstudios/Attachments/47/1 Diagnóstico del sector rural y pesquero.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/OtrosEstudios/Attachments/47/1%20Diagn%C3%B3stico%20del%20sector%20rural%20y%20pesquero.pdf)
- Figueroa, J., Guillen Trujillo, H. A., & Ruiz Sibaja, J. A. (2017). Evidencias del cambio climático en la cuenca del Río Sabinal, Chiapas, México. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/1748>
- Gobierno de Chiapas. (2019). Plan de Desarrollo de la Meseta Comiteca Tojolabal. <http://www.haciendachiapas.gob.mx/planeacion/informacion/desarrollo-regional/programas-regionales/meseta-comiteca.pdf>
- Gobierno del Estado de Chiapas. (2018). Región XV –Meseta Comiteca Tojolabal (Regiones socioeconómicas de Chiapas, p. 11). <https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/informacion-estadistica/?maccion=17>
- Herrera-Pantoja, M., & Hiscock, K. M. (2015). Projected impacts of climate change on water availability indicators in a semi-arid region of central Mexico. *Environmental Science & Policy*, 54, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.06.020>
- Holland, M. B., Shamer, S. Z., Imbach, P., Zamora, J. C., Medellín Moreno, C., Hidalgo, E. J. L., Donatti, C. I., Martínez-Rodríguez, M. R., & Harvey, C. A. (2017). Mapping adaptive capacity and smallholder agriculture: Applying expert knowledge at the landscape scale. *Climatic Change*, 141(1), 139-153. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1810-2>
- IPCC. (2022). Climate change. Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

- Juhola, S., & Kruse, S. (2015). A framework for analysing regional adaptive capacity assessments: Challenges for methodology and policy making. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(1), 99-120. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9481-z>
- Kumar, P., & Brewster, C. (2022). Co-production of climate change vulnerability assessment: A case study of the Indian Lesser Himalayan region, Darjeeling. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 0(0), 1-26. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2022.2033792>
- Lastra, J. A. S., Pérez, L. H. H., & López, J. L. S. (2018). El cambio climático y sus representaciones sociales en el medio rural de Chiapas, México. *Ambiente y Desarrollo*, 22(42), 1-12. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd22-42.ccrs>
- Lockwood, M., Raymond, C. M., Oczkowski, E., & Morrison, M. (2015). Measuring the dimensions of adaptive capacity: A psychometric approach. *Ecology and Society*, 20(1). <https://www.jstor.org/stable/26269733>
- López, A., & Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: Una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, 83(332), 459-496. <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231>
- López, L. N. L., & Laguna, M. L. (2020). Cumplimiento de la política de cambio climático en las entidades federativas de México. *Sociedad y Ambiente*, 22, 48-71. <https://doi.org/10.31840/sya.vi22.2075>
- Maldonado-Méndez, M. de L., Romo-Lozano, J. L., Baca del Moral, J., & Monterroso-Rivas, A. I. (2022). Multidimensional Typology of Mexican Farmers in the Context of Climate Change. *Agriculture*, 12(8), 1079. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081079>
- Maldonado-Méndez, M. de L., Romo-Lozano, J. L., & Monterroso-Rivas, A. I. (2022a). Determinant Indicators for Assessing the Adaptive Capacity of Agricultural Producers to Climate Change. *Atmosphere*, 13(7), 1114. <https://doi.org/10.3390/atmos13071114>
- Masud, M. M., Azam, M. N., Mohiuddin, M., Banna, H., Akhtar, R., Alam, A. S. A. F., & Begum, H. (2017). Adaptation barriers and strategies towards climate change: Challenges in the agricultural sector. *Journal of Cleaner Production*, 156, 698-706. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.060>
- Matewos, T. (2020). The state of local adaptive capacity to climate change in drought-prone districts of rural Sidama, southern Ethiopia. *Climate Risk Management*, 27, 100209. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100209>
- Meli, P., Landa, R., López-Medellín, X., & Carabias, J. (2015). Social Perceptions of Rainforest and Climatic Change from Rural Communities in Southern Mexico. *Ecosystems*, 18(8), 1343-1355. <https://doi.org/10.1007/s10021-015-9903-8>
- México-CICC. (2018). México: Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bial de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (p. 738). INECC.

- México-INECC. (2015). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020-2030 (INDC intended Nationally Determined Contribution 2020-2030) (pp. 19-pp).
- Monterroso, A. I., & Conde, C. (2017). Adaptive capacity: Identifying the challenges faced by municipalities addressing climate change in Mexico. *Climate and Development*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1372264>
- Monterroso-Rivas, A. I., Conde-Álvarez, A. C., Pérez-Damian, J. L., López-Blanco, J., Gaytan-Dimas, M., & Gómez-Díaz, J. D. (2018). Multi-temporal assessment of vulnerability to climate change: Insights from the agricultural sector in Mexico. *Climatic Change*, 147(3), 457-473. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2157-7>
- Mortreux, C., & Barnett, J. (2017). Adaptive capacity: Exploring the research frontier. *WIREs Climate Change*, 8(4), e467. <https://doi.org/10.1002/wcc.467>
- Murray-Tortarolo, G. N. (2021). Seven decades of climate change across Mexico. *Atmósfera*, 34(2), 217-226. <https://doi.org/10.20937/atm.52803>
- Murray-Tortarolo, G. N., Jaramillo, V. J., & Larsen, J. (2018). Food security and climate change: The case of rainfed maize production in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, 253-254, 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.02.011>
- Muttarak, R., & Lutz, W. (2014). Is Education a Key to Reducing Vulnerability to Natural Disasters and hence Unavoidable Climate Change? *Ecology and Society*, 19(1), 42. <https://doi.org/10.5751/ES-06476-190142>
- Preston, B. L., Yuen, E. J., & Westaway, R. M. (2011). Putting vulnerability to climate change on the map: A review of approaches, benefits, and risks. *Sustainability Science*, 6(2), 177-202. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0129-1>
- Reyes-García, V., Benyei, P., & Calvet-Mir, L. (2018). Traditional agricultural knowledge as a commons. En *Routledge Handbook Of Food As A Commons*. Routledge.
- Reyna-Ramírez, C. A., Fuentes-Ponce, M. H., Rossing, W. A. H., & López-Ridaura, S. (2020). Caracterización de unidades de producción familiar agropecuarias mesoamericanas. *Agrociencia*, 54(2), 259-277. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1905>
- Ruiz Meza, L. E. (2014). Género y percepciones sociales del riesgo y la variabilidad climática en la región del Soconusco, Chiapas. *Alteridades*, 24(47), 77-88. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-70172014000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- SEMARNAT. (2020). Contribución Determinada a nivel Nacional: México. Versión actualizada 2020. (Oficial N.o 2; p. 39). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/publicaciones/348/968_20_20_Contribucion_Determinada_a_nivel_Nacional.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- SEMARNAT, & INECC. (2019). Información sobre la implementación de la política climática subnacional. Análisis de Instrumentos Estatales de Política de Cambio Climático: Chiapas. <https://cambioclimatico.gob.mx/estadosymunicipios/Instrumentos.html>
- Shukla, R., Agarwal, A., Gornott, C., Sachdeva, K., & Joshi, P. K. (2019). Farmer typology to understand differentiated climate change adaptation in Himalaya. *Scientific Reports*, 9(1), 20375. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56931-9>
- Siders, A. (2019). Adaptive capacity to climate change: A synthesis of concepts, methods, and findings in a fragmented field. *WIREs Climate Change*, 10(3), e573. <https://doi.org/10.1002/wcc.573>
- Soto Baquero, F., Fazzone, M. R., & Falconi, C. (2007). Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe (Food and Agriculture Organization of the United Nations & InterAmerican Development Bank, Eds.). FAO-Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <https://www.fao.org/3/a1248s/a1248s.pdf>
- Yúnez Naude, A., Cisneros Yescas, A. I., & Meza Pale, P. (2013). Situando la agricultura familiar en México. Principales características y tipología. (Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo., p. 48). RIMISP.

CONCLUSIONES GENERALES

Mediante la propuesta de Tipología Multidimensional de Productores Agrícolas en Contexto de Cambio Climático, derivada de la combinación y análisis de tres dimensiones determinantes: la sensibilidad del productor, el destino de la producción y el riesgo de la producción por el cambio climático, se identificaron y proponen 19 tipos de productores agrícolas. Esta es una contribución al estudio de la heterogeneidad de productores agrícolas del país, porque muestra evidencia de los matices que existe entre pequeños, medianos y grandes productores, a partir del análisis de sus características comunes y retos similares para hacer frente al cambio climático. Se identificaron nueve categorías de productores agrícolas familiares, dos tipos de productores en transición y ocho tipos diferentes de productores empresariales.

El método es robusto y permite desagregar hasta 19 tipos de productores, sin embargo, su viabilidad y manejo son complejos. Aunque se alcanzó el objetivo de obtener una tipología se sugiere que los trabajos futuros consideren el análisis de los resultados del censo agropecuario 2022 y adapten la metodología a sus necesidades de investigación.

La diversidad de tipos de producción en el país requiere de visiones particulares para reconocer sus capacidades adaptativas, por lo que se indagó en diversos enfoques y variables. En este estudio se propone estimar la capacidad de adaptación al cambio climático a partir de 19 indicadores que muestran potencial y permiten la estimación a nivel de tipo de productor o a nivel de comunidad (o región específica). Cabe destacar que, el éxito de la estimación dependerá de la información que se encuentre disponible al nivel que se requiera medir.

Después de aplicar los indicadores propuestos en el estudio de caso de la Región de la Meseta Comiteca Tojolabal se encontró que el principal potencial que muestran consiste en la base de recursos naturales con que cuenta la región, la seguridad que les brinda la tenencia y propiedad de la tierra a los productores y en la diversificación de fuentes de ingresos, principalmente de los productores empresariales. Algunas barreras identificadas son el nivel escolar, la deficiencia de recursos tecnológicos para la producción agrícola, el acceso limitado de capacitación y asistencia técnica, y las limitaciones de acceso para obtener créditos o seguro agrícola. Lo anterior muestra que estudios como el aquí desarrollado son capaces de identificar a buena escala las potencialidades y limitantes que observan los productores agrícolas.

También, los productores de la región perciben cambios en el clima y los consideran cambios negativos para sus procesos de producción. Otro factor interesante es la baja capacidad institucional que existe en la región y la baja confianza que existe de los productores a las instituciones gubernamentales municipales. Lo que sugiere que deben continuar estudiándose en el futuro.

Considerando la alta heterogeneidad de productores agrícolas de México aquí mostrada se sugiere que las políticas públicas agrícolas las consideren. La Tipología de productores agrícolas en contexto de cambio climático (TiMPACC) y la propuesta de indicadores de capacidad adaptativa podrían considerarse como insumos relevantes para futuros estudios, incluso pueden servir para el diseño o priorización de políticas públicas agrícolas que busquen reducir vulnerabilidad al cambio climático en México.

RECOMENDACIONES

El estudio de la capacidad de adaptación de los productores agrícolas de México, aunque es un tema fundamental para la agenda pública del sector agroalimentario, ha sido poco estudiada y las evidencias científicas son limitadas, por lo que es un reto para los investigadores y para los tomadores de decisiones del sector. Los resultados obtenidos pueden servir de base para el diseño de futuras investigaciones o para operar políticas diferenciadas para el sector agropecuario; incluso pueden ser un insumo para reorientar la operación de los programas de subsidios al campo, considerando una atención focalizada en los tipos de productores con mayor riesgo por el cambio climático, alineados con el uso eficiente de los recursos públicos.

Es conveniente que las instituciones federales consideren la actualización de los datos estadísticos a nivel de unidades de producción, ya que el último censo agropecuario se realizó en el año 2007 y el estudio de línea base del sector agropecuario se obtuvo en el año 2008. Una actualización permitiría estimar la capacidad de adaptación de los diferentes tipos de productores considerando los problemas nacionales actuales (cambio climático y efectos de la pandemia del COVID-19 en el campo). Es un tema que se recomienda atender a la brevedad, para identificar -entre tanta heterogeneidad- cuáles y en donde se encuentran los productores agrícolas con menor capacidad de adaptación y plantear estrategias de adaptación al cambio climático con el apoyo de las instituciones.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de componentes principales (ACP)

PCA es un método ampliamente utilizado, es un método de reducción de dimensionalidad que a menudo se usa para reducir la dimensionalidad de grandes conjuntos de datos, transformando un gran conjunto de variables en uno más pequeño que aún contiene la mayor parte de la información en el gran conjunto. Reducir el número de variables de un conjunto de datos naturalmente se logra a expensas de la precisión, pero el truco en la reducción de la dimensionalidad es cambiar un poco de precisión por simplicidad. Porque los conjuntos de datos más pequeños son más fáciles de explorar y visualizar y hacen que el análisis de datos sea mucho más fácil y rápido para los algoritmos de aprendizaje automático sin variables extrañas para procesar.

El método consiste en 1) Estandarizar el rango de variables iniciales continuas; 2) Calcular la matriz de covarianza para identificar correlaciones, 3) Calcular los vectores propios y los valores propios de la matriz de covarianza para identificar los componentes principales; 4) Cree un vector de características para decidir qué componentes principales conservar y 5) Reformule los datos a lo largo de los ejes de los componentes principales.

PCA consiste en la descripción de la variación del conjunto p variables, en términos de un conjunto de m ($m \leq p$) variables no correlacionadas.

Así, si x_1, x_2, \dots, x_p son las variables originales, entonces las componentes principales tendrán la forma:

$$y_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1p}x_p$$

$$y_m = a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mp}x_p$$

Para garantizar el control de calidad, primero verificamos la base de datos en busca de valores extremos para encontrar posibles inconsistencias y valores atípicos. Cabe señalar que la base de datos de la "Línea Base de los Programas de la SAGARPA" fue creada, analizada y proporcionada por la FAO y la SAGARPA (fuentes oficiales). Los datos se refinaron y pasaron las pruebas de control de calidad, por lo que no encontramos valores atípicos.

Anexo 2. Ejemplo de localidad por cada tipo de productor obtenido con el método de Dalenius & Hodges

TIPO	NOMENCLATURA	EJ. LOCALIDAD/TIPO
T1	Productor familiar de subsistencia con muy alta sensibilidad y nivel medio de exposición al cambio climático	Plan de agua, Concordia, Chis
T2	Productor familiar de subsistencia con muy alta sensibilidad y nivel bajo de exposición al cambio climático	Cruz chica, Caltepec, Pue
T3	Productor familiar de subsistencia con muy alta sensibilidad y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático	Pocolum, Tenejapa, Chis
T4	Productor familiar de subsistencia altamente sensible y nivel bajo a medio de exposición al cambio climático	Villa Hgo, Oax.
T5	Productor familiar de subsistencia con condiciones mínimas para la diversificación, altamente sensible y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático	El Cora, San Blas, Nay.
T6	Productor familiar de subsistencia con condiciones mínimas para la diversificación, de sensibilidad media-alta y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático	Tacotalpa, ver.
T7	Productor familiar con ingresos agrícolas de sensibilidad media-alta y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático	La magdalena, Temoaya Méx
T8	Productor familiar con ingresos agrícolas, sensibilidad media y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático	La magdalena, Texcoco Méx
T9	Productor familiar con ingresos agrícolas, sensibilidad baja-media y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático	Cuautla Morelos
T10	Productor de transición con sensibilidad media-alta y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático	Abasolo, Macuspana Tab.
T11	Productor de transición de sensibilidad baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático	El Maguey, Zac. Zac.
T12	Productor empresarial de baja rentabilidad, sensibilidad baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático	San Luis Rio C, Sonora
T13	Productor empresarial de sensibilidad muy baja-media y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático	La cienega, Tlaxco, Tlax

T14	Productor empresarial de sensibilidad baja y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático	Tenayac, Temascaltepec, Méx
T15	Productor empresarial de sensibilidad muy baja-baja y nivel muy bajo-medio de exposición al cambio climático	Comondú, BCS
T16	Productor empresarial de sensibilidad mínima-baja y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático	Temacapulin, Cañadas, Jalisco
T17	Productor empresarial de sensibilidad muy baja y nivel bajo de exposición al cambio climático	La soledad, Aramberri NL
T18	Productor empresarial de sensibilidad mínima y nivel bajo-medio de exposición al cambio climático	González, Tamaulipas
T19	Productor empresarial de sensibilidad mínima y nivel muy bajo-bajo de exposición al cambio climático	Villa Aldama, Aldama Chih.

Anexo 3. Características de los tipos de productores según el método de Dalenius & Hodges

Tipo	Edad (promedio)	Escolaridad predominante	Actividad(es) primaria(s) predominante(s)						Número de especies según la actividad primaria que realizan					
			A	G	SR	P	Ac	Pc	A	G	SR	P	Ac	Pc
T1	53	Ninguno (69%)	0%	56%	34%	0%	0%	10%	0	1 a 2	1	0	1	1
T2	49	Ninguno (66%)	0%	81%	0%	0%	0%	19%	0	1 a 3	0	0	0	1
T3	49	Primaria (58%)	17%	49%	3%	0%	0%	31%	1 a 3	1 a 3	1	0	0	1
T4	49	Primaria (51%)	63.1%	30.3%	1.3%	0.2%	0%	5.1%	1 a 3	1 a 3	1	1	0	1
T5	54	Primaria (59%)	92%	4%	2.4%	1%	0.1%	0.5%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 2	1	1
T6	54	Primaria (60%)	73%	16%	7%	2%	0%	2%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 2	1 a 2	1 a 2
T7	55	Primaria (60%)	68%	17%	4%	11%	0%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 2	1	1
T8	56	Primaria (59%)	54%	29%	5%	11%	0%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T9	55	Primaria (60%)	48%	27%	6%	18%	1%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T10	54	Primaria (50%)	45%	33%	3%	18%	0%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T11	56	Primaria (55%)	43%	30%	10%	17%	0.1%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T12	55	Primaria (54%)	40%	30%	12%	19%	0%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1 a 2
T13	55	Primaria (51%)	42%	32%	4%	21%	0%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T14	55	Primaria (60%)	35%	33%	6%	24%	0%	1%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T15	55	Primaria (56%)	32%	33%	9%	25%	1%	1%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T16	55	Primaria (36%) Secundaria (28%) Universidad (21%)	32%	33%	7%	27%	0%	2%	1 a 4	1 a 3	1	1 a 3	1	1
T17	56	Primaria (57%) Secundaria (13%)	32%	33%	2%	33%	0%	0%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 3	0	0
T18	52	Primaria (58%) Universidad (12%)	29%	29%	10%	29%	1%	1%	1 a 5	1 a 3	1	1 a 2	1	1
T19	56	Primaria (42%) Universidad (24%)	32%	32%	2%	32%	1%	0%	1 a 4	1 a 3	1	1 a 3	1	0

A Agricultura

G Ganadería

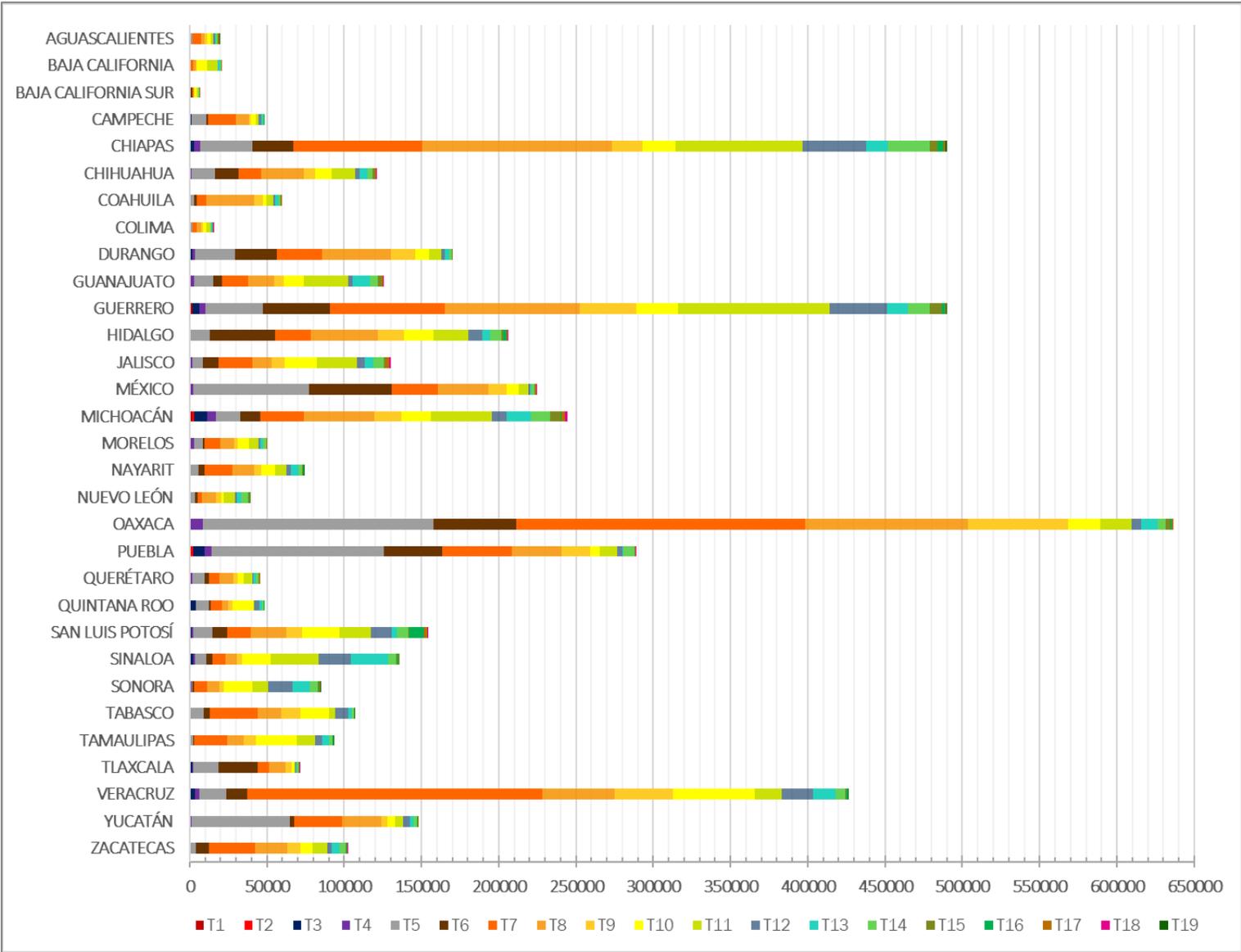
SR Silvicultura/Recolección

P Perennes

Ac Acuicultura

Pc Pesca

Anexo 4. Distribución por estado de los tipos de productores identificados según el método de Dalenius & Hodges



Anexo 5. Síntesis de los estudios seleccionados y analizados para la evaluación de la capacidad de adaptación al cambio climático

Autor	Método	Nivel/Sector	Dimensiones	Indicadores	Resumen
Juhola & Kruse, 2015	Se diseñó un índice agregado a partir de un conjunto de variables y se calculó un promedio ponderado a nivel de dimensiones. Se utiliza el método Delphi, se cualifica usando datos y estadísticas de gobierno.	Evaluación paneuropea de la capacidad de adaptación y en el sector turístico	Conocimiento y conciencia Tecnología Infraestructura Instituciones Recursos económicos	CC1. Compromiso educativo CC2. Habilidades computacionales CC3. Actitudes hacia el cambio climático T1. Recursos para la tecnología T2. Capacidad para realizar investigaciones T3. Patentes I1. Transporte I2. Infraestructura de agua I3. Salud In1. Efectividad del gobierno In2. Estrategias nacionales de adaptación In3. Democracia RE. Ingreso per cápita RE. Dependencia de la edad RE. Desempleo	5 dimensiones 15 indicadores
	Mediante un proceso de jerarquía analítica y juicio de expertos los indicadores fueron ponderados.	Sector agrícola	Rec. Humanos Rec. Físicos Rec. Financieros Información Diversidad de medios de vida	RH1. Experiencia en agricultura RH2. Nivel educativo del jefe de hogar RH3. Adultos con educación primaria (%) RH4. Adultos en el hogar (%) RF1. Tamaño de la finca RF2. Fuente de riego (ha) RF3. Número de máquinas agrícolas que posee RF4. Tenencia de la finca RFi1. Remesas de miembros de la familia RFi2. Valor de las unidades animales RFi3. Asistencia financiera del	5 dimensiones 19 indicadores Fuente: propia

				gobierno RFi4. Acceso al crédito I1. Tipo de capacitación en los últimos 5 años I2. Recibe asistencia técnica agrícola I3. Participa en alguna organización agrícola I4. Fuentes de información climática. MV1. Número de medios de vida/fuentes de ingresos MV2. Tierra no cultivada (%) MV3. Número de cultivos plantados por año	
Defiesta & Ropera, 2014	Se diseñó un índice de vulnerabilidad combinando las diferentes variables que representan las tres dimensiones utilizando un esquema de ponderación arbitrario. Para validar el índice de vulnerabilidad derivado, se realizó un análisis de regresión entre los datos de daños reales (variable dependiente) y las variables predictoras que representan las tres dimensiones de la vulnerabilidad. Se revisaron los pesos de acuerdo con los coeficientes de regresión resultantes y se recalculó y comparó el índice de vulnerabilidad	Zona costera	Socioeconomía Tecnología Infraestructura	S1. Índice de Desarrollo Humano S2. Incidencia de la propiedad S3. La desigualdad de ingresos T1. Cobertura de electricidad I1. Densidad de carreteras I2. Comunicación	3 dimensiones 6 indicadores

	<p>Se realizó un análisis de datos descriptivos para todos los indicadores. Se utilizó análisis de correlación y análisis de conglomerados para determinar las relaciones entre los diferentes componentes del índice de CA</p>	<p>Evaluación de CA al CC en China, a nivel nacional y regional</p>	<p>Capital Natural Capital de ingeniería Capital financiero Capital humano Capital social</p>	<p>CN1. Disponibilidad de recursos de agua dulce per cápita CN2. Porcentaje de cobertura de humedales naturales CN3. Porcentaje de tierra forestal CN4. Porcentaje de espacio verde en zona urbana CN5. Porcentaje de reservas naturales CN6. Superficie de tierra cultivable per cápita C11. Cobertura de abastecimiento de agua en zonas urbanas C12. Porcentaje de población con fuentes mejoradas de agua potable en zonas rurales C13. Tasa de tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas C14. Porcentaje de población con saneamiento mejorado en áreas rurales C15. Porcentaje de áreas con capacidad de drenaje en áreas rurales C16. Relación entre la capacidad del embalse y los recursos hídricos superficiales renovables C17. Porcentaje de población con protección contra inundaciones en áreas rurales C18. Porcentaje de protección contra inundaciones frente a una inundación de 50 años C19. Porcentaje de cobertura de calefacción C110. Porcentaje de población con acceso a gas C111. Densidad de la red vial C112. Capacidad de transporte</p>	<p>5 dimensiones 46 indicadores</p>
--	---	---	---	---	---

				<p>público per cápita</p> <p>CI13. Indicador de instalaciones de transporte</p> <p>CI14. Número de maquinaria agrícola por área terrestre cultivable</p> <p>CI15. Capacidad de riego por superficie de tierra cultivable</p> <p>CF1. Producción interna bruta per cápita (PIB)</p> <p>CF2. Tasa de crecimiento del PIB</p> <p>CF3. Ingresos públicos per cápita</p> <p>CF4. Gasto público per cápita</p> <p>CH1. La esperanza de vida al nacer</p> <p>CH2. Tasa de dependencia social</p> <p>CH3. Tasa de crecimiento natural de la población</p> <p>CH4. Tasa de alfabetización</p> <p>CH5. Promedio de años de educación</p> <p>CH6. Porcentaje de población con educación superior</p> <p>CH7. Número anual de patentes por cada 1.000 personas</p> <p>CH8. Porcentaje del gasto público en investigación y desarrollo (I+D) en el PIB</p> <p>CH9. Índice de capacidad de observación del clima</p> <p>CS1. Porcentaje de población en pobreza</p> <p>CS2. Tasa de desempleo</p> <p>CS3. Tasa de inflación</p> <p>CS4. Número de médicos por cada 1.000 habitantes</p> <p>CS5. Número de camas de hospital por cada 1.000 personas</p> <p>CS6. Gasto en asistencia médica per cápita</p> <p>CS7. Número de refrigeradores por hogar</p>	
--	--	--	--	--	--

				<p>CS8. Número de acondicionadores de aire por hogar</p> <p>CS9. Número de televisores por hogar</p> <p>CS10. Número de teléfonos por hogar</p> <p>CS11. Cobertura del seguro básico de salud en zonas urbanas</p> <p>CS12. Cobertura del seguro básico de salud en zonas rurales</p>	
Lam et al., 2014	Metodología participativa: se utilizaron entrevistas y talleres de investigación participativa.	Sector agrícola-pequeños productores de café	<p>Acceso a los recursos</p> <p>Flexibilidad</p> <p>Estabilidad</p>	<p>A1. Recursos naturales (agua y suelo)</p> <p>A2. Recursos físicos (infraestructura)</p> <p>A3. Recursos financieros,</p> <p>A4. Recursos Humanos</p> <p>A5. Recursos sociales</p> <p>A6. Recursos políticos</p> <p>A7. Subvenciones públicas</p> <p>A8. Asistencia social en emergencias</p> <p>A9. Opciones tecnológicas para la adaptación</p> <p>A10. Familias con transferencia de tecnología y asistencia técnica</p> <p>F1. Diversidad de las variedades de café utilizadas</p> <p>F2. Número de cultivos cultivados</p> <p>F3. Producción para subsistencia y comercialización</p> <p>F4. Diversidad de fuentes de ingresos: agricultura, comercio, salarios no agrícolas, remesas. Ingresos familiares según actividad.</p> <p>E1. Variabilidad de los precios de los productos Impactos y pérdidas agrícolas</p> <p>E2. Impactos y pérdidas agrícolas</p> <p>E3. Erosión, deslizamientos de tierra e inundaciones</p> <p>E4. Migración</p>	3 dimensiones 18 indicadores

	Desarrollaron escalas psicométricas para estas dimensiones y probamos su consistencia interna (confiabilidad) y validez (qué tan bien las medidas definen el constructo) usando análisis factorial.	Paisaje agrícola en Australia	Capital social Capital físico, humano y financiero Enfoque de gestión Gobernanza	CS1. Redes sociales CS2. Confianza CS3. Reciprocidad CHF1. Conocimiento e información CHF2. Trabajo (mano de obra) y tiempo CHF3. Finanzas e infraestructura EF1. Innovación EF2. Gestión adaptativa EF3. Conducta de riesgo G1. Legitimidad G2. Responsabilidad G3. Inclusión y equidad G4. Liderazgo G5. Coordinación y colaboración	4 dimensiones 14 indicadores
M. Chen et al., 2015	Desarrolló una encuesta con base en el enfoque de indicadores para evaluar la CA. Los datos de la encuesta de hogares se procesaron mediante métodos estadísticos descriptivos, análisis de componentes principales (ACP) y análisis de regresión lineal múltiple.	CA al cambio climático de los hogares urbanos en Vietnam Central	Economía familiar Relación social Capital humano Prácticas de adaptación Servicios municipales y gobernanza urbana Protección de los medios de subsistencia	EF1. Riqueza EF2. Estado de la vivienda EF3. Activos duraderos RS1. El intercambio de conocimientos RS2. Organizaciones sociales RS3. Redes de apoyo social CH1. Educación CH2. Conocimiento CH3. Empleo PA1. Medidas de preparación para desastres PA2. Habilidades y experiencias para desastres y CC PA3. Acceso a fuentes de agua durante desastres SMyG1. Servicios de salud SMyG2. Suministro de electricidad SMyG3. Estabilidad urbana y seguridad PMS1. Diversidad de medios de vida PMS2. Cobertura del seguro	6 dimensiones 17 indicadores

	<p>Crearon un marco general de indicadores, estandarizados y agregados mediante lógica difusa y se llevó cabo un análisis de sensibilidad, incertidumbre y correlación para evaluar la robustez, mediante superposición difusa en ArcGIS 10.</p>	<p>CA de zonas urbanas en Chile</p>	<p>Equidad Conocimiento Tecnología Infraestructura Recursos económicos Instituciones</p>	<p>E1. Tasa de actividad femenina E2. Desigualdad de ingresos C1. Tasa de alfabetización C2. Cualificación terciaria T1. Capacidad para emprender investigación T2. Patente I1. Distancia al centro hospitalario I2. Camas de hospital I3. Médico I4. Transporte I5. Condiciones físicas de la vivienda I6. Redes informales RE1. Ingreso per cápita RE2. Pobreza RE3. Tasa de dependencia IN1. Presupuesto municipal IN2. Actualizaciones del plan maestro</p>	<p>6 dimensiones 17 indicadores</p>
<p>Ruiz Meza, 2015</p>	<p>Validación de determinantes e indicadores a través de entrevista a expertos. Ranking para cada determinante e indicadore mediante el promedio de clasificación de puntuaciones (asignados por los expertos).</p>	<p>Agricultura familiar</p>	<p>Rec. Económicos Capital social Conciencia y formación Tecnología Infraestructura Instituciones</p>	<p>RE1. Diversidad de ingresos a la UP RE2. Remesas RE3. Acceso a crédito CS1. Acceso a la familia / hogar Labor CS2. Participación en organizaciones de agricultores u otro tipo de organización CS3. Participación en organizaciones basada en el género CS4. Participación en organizaciones de tipo religiosa CS5. Participación en algún otro tipo de organización CF1. Aceptación del cambio de clima. CF2. Nivel de alfabetización CF3. Acceso a información sobre el CC CF4. Experiencia agrícola CF5. Acceso a extensionismo T1. Conocimiento de variedades de</p>	<p>6 dimensiones 22 indicadores</p>

				semillas T2. Conocimiento de las técnicas de retención de humedad del suelo T3. Conocimiento de las técnicas de retención de fertilidad del suelo I1. Tamaño de la UP I2. Irrigación disponible I3. Acceso a carreteras In1. Arreglo de tenencia de la tierra In2. Subsidios de gobierno In3. Asistencia de socorro en casos de desastre	
	Análisis de correlación de pearson para probar la complementariedad y la sustitución entre indicadores. Coeficiente de regresión estandarizado y análisis factorial para integrar indicadores de capital complementarios, y se utilizó una tasa de contribución de cada factor para calcular la CA.	Sector agrícola ante las sequías provocadas por cambio climático	Experiencia Infraestructura Recursos materiales Tecnología Flexibilidad Recursos económicos	E1. Edad E2. Años siendo agricultor I1. Distancia a feria agrícola I2. Distancia a los mercados RM1. Superficie de tierra cultivada RM2. Tipo de vivienda T1. Participación en capacitación T2. Cuadros de la aldea o comunidad F1. Tamaño del hogar F2. Ingresos no agrícolas RE1. Número de familiares RE2. Ingresos agrícolas RE3. Valor actual de la vivienda	6 dimensiones 13 indicadores

<p>Lockwood et al., 2015</p>	<p>Estandarización y normalización de los variables de cada indicador. Se estimó un índice de CA para cada municipio y el rango final de valores se dividió en cinco grupos de acuerdo con la distribución geométrica de las frecuencias de valores.</p>	<p>Nivel municipal Capacidad de adaptación del territorio</p>	<p>Capital humano Capital social Capital financiero Capital natural</p>	<p>CH1. Población de 15 años y mayor que puede leer CH2. Asistencia de personas de entre 6 a 24 años de edad a la escuela CH3. Alfabetización en el municipio CH4. Cambio en la población del municipio 2005-2030 CS1. Unidades de producción organizadas para acceder a algún apoyo CS2. No litigios o disputas en todo el territorio de la unidad de producción CS3. Unidades de producción con formación técnica CS4. Posesión o tenencia de tierra CS5. Oficina de protección civil en funciones CS6. Mapa de peligros naturales CF1. Unidades de producción sin acceso a crédito difícil CF2. Unidades de producción que reciben remesas del extranjero CF3. Unidades de producción que reporta algún tipo de ahorro CF4. Unidades de producción con cobertura de crédito y seguro CF5. Producción nacional bruta CF6. Población con ingresos mayores al salario mínimo CN1. Superficie con bosques y / o bosques pluviales CN2. Superficie reforestada en el municipio CN3. Tasa de extracción de agua de los acuíferos</p>	<p>4 dimensiones 19 indicadores Fuente: propia, variables determinadas de información oficial y gratuita.</p>
------------------------------	--	---	---	---	---

	Se creó un índice de CA, las variables se seleccionaron mediante entrevistas a 109 expertos y se realizaron 3 talleres de validación de indicadores.	Mapeo de la CA y la agricultura en pequeña escala en América central	Activos financieros Activos sociales Activos físicos Activos humanos Activo natural	AF1. Inversiones para mejorar la producción de cultivos: Fertilizantes, pesticidas, Preparación del suelo / labranza y Riego (alto aporte) AF2. Acceso a créditos AF3. Acceso a subsidios AF4. Diversas fuentes de ingresos AF5. Remesas AS1. Migración AS2. Recibe asistencia después de eventos extremos AFi1. Mitigación del daño a los cultivos: control químico de plagas y enfermedades y/o manejo integrado de plagas (MIP) AFi2. Acceso a mercado o pequeña tienda de comestibles para la venta AFi3. Acceso a almacenamiento de productos de cultivo AFi4. Acceso a transporte de cultivos al mercado AFi5. Acceso a maquinaria/equipo agrícola AH1. Acceso a mano de obra AN1. Implementación de prácticas de conservación del suelo.	5 dimensiones 14 indicadores
Nhuan et al., 2016	Métodos cualitativos: se basó en calificar motivación y habilidades (MOTA). Se diseñó un índice CA a partir de motivación y habilidades de agricultores y se realizan entrevistas semiestructuradas para evaluar la percepción, motivación y capacidad de los agricultores	Sector agrícola bajo impacto de intrusión de agua salada por cambio climático	Habilidades Financieras Habilidades Técnicas Habilidades Institucionales	HF1. Presupuestos: ingreso mensual promedio y préstamo para producción HF2. Recursos para producción: cantidad y calidad de agua, cantidad de siembra HT1. Infraestructura y técnica: Equipos y herramientas para producir., Maquinaria, Caminos, Riego HT2. Conocimiento y habilidades: Nivel de educación, Experiencia agrícola, Participación en capacitaciones,	3 dimensiones 6 indicadores 14 subíndices.

				<p>HI1. Organización social: Participación en organización agrícola y No agrícola.</p> <p>HI2. Mercado: Número de agentes de compras y Cambio en los precios de mercado</p>	
	<p>Se crearon 5 grupos de indicadores basado en los cinco capitales, los datos fueron normalizados y se utilizaron dos esquemas de ponderación para combinar los indicadores en un índice compuesto: igual ponderación y juicio de expertos. Con el fin de analizar la consistencia de la incertidumbre, se realizó una simulación de Monte Carlo.</p>	<p>Sector agrícola- Pequeños productores</p>	<p>Capital social Capital humano Capital físico Capital natural Capital financiero</p>	<p>CS1. Miembro de alguna organización de agricultores</p> <p>CS2. Número de familiares en la comunidad</p> <p>CS3. Participación en actividades comunitarias</p> <p>CH1. Nivel de escolarización</p> <p>CH2. Experiencia en agricultura</p> <p>CH3. Número de cultivos</p> <p>CH4. Visitas de servicios de extensión</p> <p>CH5. Recibió formación en agricultura</p> <p>CF1. Área total cosechada</p> <p>CF2. Distancia de la casa a la granja</p> <p>CF3. Distancia de la casa al mercado</p> <p>CF4. Distancia de la casa a la institución financiera</p> <p>CF5. Distancia de la casa a la oficina de servicios de extensión</p> <p>CN1. Variabilidad de las precipitaciones</p> <p>CN2. Fertilidad del suelo</p> <p>CN3. Propiedad de la tierra</p> <p>CN4. Experimentado con eventos de peligros naturales en la granja.</p> <p>CFn1. Ingresos no agrícolas</p> <p>CFn2. Valor del ganado</p> <p>CFn3. Ingresos por cultivos</p> <p>CFn4. Valor del equipo agrícola</p> <p>CFn5. Diversificación de fuentes de crédito</p>	<p>6 dimensiones 22 indicadores</p>

<p>Araya-Muñoz et al., 2016</p>	<p>Investigación mixta: se recopilaron datos cualitativos y cuantitativos. Se utilizaron encuestas transversales de hogares, entrevistas con informantes clave y discusiones de grupos focales para recopilar datos relevantes.</p>	<p>Capacidad adaptativa de hogares rurales propensos a sequías debido al cambio climático</p>	<p>Base de activos Instituciones y derechos Conocimiento e información Innovación Gobernanza y toma de decisiones con visión al futuro</p>	<p>A1. Tamaño de la propiedad de la tierra A2. Derecho de uso de la tierra A3. Características de los medios de vida A4. Participación en actividades de medios de vida agrícolas A5. Participación en actividades de medios de vida no agrícolas I1. Disponibilidad de instituciones que permiten acceso a los recursos C11. Nivel de alfabetización C12. Acceso a la previsión meteorológica C13. Alerta temprana C14. Información de apoyo del mercado y del gobierno In1. Insumos agrícolas In2. Servicios de extensión agrícola In3. Riego a pequeña escala G1. Tipos y características de decisiones adaptativas tomadas por los agricultores</p>	<p>5 dimensiones 14 indicadores</p>
---------------------------------	---	---	--	---	---

	Realizaron encuesta de clasificación en línea de expertos (n = 35). La prueba de Kruskal-Wallis H y la prueba t se utilizaron para probar la independencia de las puntuaciones AC y el acceso a los recursos existentes.	Sector agrícola	Capital natural Capital físico Capital financiero Capital humano Capital social	CN1. Tipo de propiedad de la tierra CN2. Tamaño de la tierra en acres CN3. Fuente de agua CN4. Decisión sobre la ordenación de la tierra CF1. Tipo de riego CF2. Número total de activos CF3. Propiedad de herramientas agrícolas básicas CF4. Propiedad de maquinaria agrícola CFn1. Ingresos agrícolas CFn2. Crédito formal / informal CFn3. Número de fuentes de ingresos CFn4. Número de trabajadores agrícolas CH1. Nivel de educación CH2. Número de años en la agricultura CH3. Tamaño del hogar CH4. Número de adultos CS1. Frecuencia de extensión CS2. Información del pronóstico del tiempo CS3. Pertenencia a grupos CS4. Número de fuentes de información meteorológica	5 dimensiones 20 indicadores
Abdul-Razak & Kruse, 2017	Los datos se adquirieron mediante una encuesta a nivel de finca, las variables obtenidas se agruparon en tres grupos. Se aplicó análisis de componentes principales como análisis exploratorio. Se normalizaron los datos y se asignaron pesos a cada variable a juicio de	Agricultura (productores de arroz)	Capacidad socioeconómica Capacidad agrícola Capacidad institucional	CS1. Educación: años promedio de escolaridad CS2. Fuentes de ingresos agrícolas CS3. Fuentes de ingresos no agrícolas CA1. Tamaño de la finca CA2. Experiencia agrícola CA3. Mano de obra agrícola CA4. Agricultores que poseen ganado CA5. Agricultores que adoptaron estrategias de adaptación climática C11. Acceso al crédito	3 dimensiones 11 indicadores

	experto y se calculó el Índice de CA.			CI2. Avisos agrícolas CI3. Agricultores con acceso a información climática	
	Encuesta a Hogares (seleccionados con muestreo aleatorio) sobre percepción de cambios en el clima y sobre los bienes de capital disponibles. Se realizó un análisis factorial: Método de rotación Normalización Varimax con Kaiser y un análisis de componentes principales (PCA)	Evaluación de CA a nivel de hogar y aldea en la cuenca hidrográfica de Nikachu, Bután	Capital humano Capital Natural (recursos) Capital Natural (Acceso) social Capital financiero Capital natural	CH1. Nivel educativo del jefe de hogar CH2. Tiempo de caminata a la Unidad Básica de Salud más cercana CH3. Capacitación en adaptación al cambio climático CN1. Tenencia de tierra por hogar CN2. Cobertura forestal CN3. Prados CN4. Arbustos CNA1. Área protegida/aldea CNA2. Bosque comunitario/aldea CF1. Proporción de ingresos por recursos sensibles al clima con respecto al ingreso total CF2. Proporción del ingreso no agrícola al ingreso total CF3. Ingreso total CF4. Índice de diversidad de medios de vida CFi1. Tipo de casa CFi2. Tiempo de caminata hasta el mercado más cercano CFi3. Tipo de ruta CS1. Membresía en organizaciones sociales por hogar CS2. Género CS3. Número de personas en el hogar	6 dimensiones 19 indicadores
Li et al., 2017	Mediante entrevistas con informantes clave seleccionados por medio de un muestreo intencional y se creó un índice de CA.	Capacidad adaptativa comunitaria, Semarang Indonesia	Ciencias económicas Social Infraestructura de información	CE1. Condición económica del hogar CE2. Propiedad de activos S1. Participación en la Comunidad S2. Acceso a la ayuda IIT1. Información sobre el cambio climático	4 dimensiones 7 indicadores

			y tecnología Innovación	IIT2. Acceso a la infraestructura proporcionada I1. Voluntad de adaptación	
	Se construyó un árbol de criterios de decisión, estandarizaron los criterios en un rango de escala de 0 a 1 y finalmente realizar una evaluación de la vulnerabilidad y CA al cambio climático.	Vulnerabilidad al cambio climático: un estudio de caso de la región india del Himalaya Menor	Facilidades básicas Aspecto económico Aspecto Social	FB1. Accesibilidad a la conexión de agua potable limpia FB2. Accesibilidad a combustible eficiente para cocinar FB3. Accesibilidad al transporte público E1. Porcentaje de hogares que son propietarios de sus viviendas E2. Porcentaje de hogares que poseen algún tipo de activo E3. Gobierno local u organización comunitaria E4. Conciencia y conocimiento de las diferentes políticas y esquemas administrados por el gobierno local. S1. Porcentaje de personas que saben leer y escribir S2. Programas de bienestar social S3. Accesibilidad de los medios	3 dimensiones 10 indicadores

Anexo 6. Guía de cuestionario para levantamiento de datos en campo



Los Productores Agrícolas de México y su Capacidad de Adaptación al Cambio Climático

Cuestionario para productores agrícolas



Nombre completo:	
Edad:	¿Quién lo refirió?
Fecha:	Lugar (Localidad y Municipio):

PRESENTACIÓN

Buenos días

Mi nombre es Lourdes Maldonado, soy estudiante de la Universidad Autónoma Chapingo, quisiera conversar con usted, con el objetivo de conocer cuál es su percepción sobre cómo ha cambiado el clima aquí en su comunidad y si estos han tenido algún impacto en su parcela. Me gustaría conversar también sobre las acciones que ha tenido que implementar para hacer frente a estos cambios.

Esta entrevista puede durar 20 minutos. Su participación en esta conversación es totalmente voluntaria, si no desea participar o si existe alguna pregunta que no desea contestar puede decírmelo sin ningún problema. Si en algún momento se incomoda y no quiere continuar, por favor me lo hace saber.

Su respuesta es anónima. En caso de que mi pregunta no sea clara no dude en preguntarme.

¿Autoriza usted que tome grabe nuestra entrevista para no perder la información y poder analizarla?

Me puede platicar un poco sobre las actividades que realiza en su parcela

- ¿Hace cuánto tiempo se dedica a la producción agrícola?
- ¿Qué actividades productivas realiza en su parcela?

Tipo de prod.	Agricultura		Ganadería		Silvicultura		Perennes		Otra	
	Cultivo	Sup	Especie	Cab	Especie	Sup.	Especie	Sup.	Especie	Sup.
Temporal										
Riego										

* Indicar que tipo de riego utiliza: _____

- ¿Sabe leer y escribir? Si ____ No ____ (anotar el ultimo grado de estudios si es posible)
- ¿Ha recibido capacitación o asesoría técnica en los últimos 5 años? No ____ Si ____ ¿De qué tipo?
- ¿Cuenta con algún tipo de maquinaria agrícola para la producción en su parcela?
No ____ Si ____ ¿De qué tipo? (si es posible indagar si es propia, rentada, prestada)
- ¿Cuenta con algún tipo de tecnología de comunicación que le sirva como apoyo en la producción o comercialización sus cultivos? (teléfono o celular, computadora, internet, etc). No ____ Si ____ ¿De qué tipo?
- De las actividades que realiza ¿Cuál es la más importante para el autoconsumo? ¿Comercializa excedentes?

Destino/Actividad	Agricultura		Ganadería		Silvicultura		Perennes		Otra	
	Cultivo	%	Especie	%	Especie	%	Especie	%	Especie	%
Autoconsumo										
Venta										

- 8 ¿Las carreteras existentes le permiten trasladarse a algún mercado o “tianguis” para comprar insumos para la producción o para vender sus productos agrícolas? (Indagar sobre el tiempo que invierte para trasladarse de su parcela al lugar donde comercializa sus productos agrícolas)
- 9 ¿Está asociado a alguna organización productiva? ¿Cual? ¿Desde cuándo? (indagar si se organizan para apoyarse en las actividades productivas o en caso de algún evento climático)
- 10 ¿Está asociado a alguna organización social o algún colectivo? ¿Cual? ¿Qué tipo de organización es?
- 11 ¿Cuenta con algún financiamiento o crédito actualmente? No ____ Sí ____
- 12 ¿La parcela en la que usted produce es propia? No ____ Sí ____ ¿Qué superficie?
- 13 ¿Realiza alguna actividad no agrícola que le genere ingresos a su hogar? ¿Cuál?
- 14 ¿Cuenta con algún subsidio de gobierno o remesa que le genere un ingreso?

Percepción sobre el clima y cambios en el clima

- 15 ¿Considera que han existido cambios en el clima en los últimos 10 años? [más o menos lluvia, lluvias más frecuentes o menos frecuentes, cambios en la temperatura, (día/noche) etc.]
 No ____ Si ____ ¿Qué tipo de cambios ha percibido? _____
- ¿Durante los últimos 10 años ha tenido pérdidas en su producción o daños en su hogar a causa de algún evento climático? _____
- ¿Ha recibido algún apoyo para compensar (total o parcialmente) sus pérdidas? (apoyo del gobierno municipal, estatal, federal u ONG).
- 16 En caso de que ocurra algún desastre (inundación, derrumbe, huracán, sequía), ¿usted conoce alguna oficina o institución a quien pueda recurrir o buscar apoyo? No ____ Si ____ Indique cuál:

- 17 ¿Cuenta con algún seguro agrícola que cubra su producción agrícola y parcela? (en caso de daño o pérdida)

Participación familiar

- 18 ¿Cuántos integrantes conforman su familia?
- 18.1 ¿Algunos de ellos lo apoyan en el trabajo de su parcela? No ____ Si ____ (¿cuántos?)

- 18.2 ¿Hay integrantes de su familia (de entre 6-24 años) que asistan a la escuela actualmente?
- 18.3 De los integrantes de la familia, ¿cuántos integrantes aportan a los ingresos familiares?

¿Tiene alguna pregunta para mí? ...

Agradezco mucho su colaboración y su atención

GLOSARIO

Término	Definición
Adaptación	Se refiere al proceso de ajuste al clima real o esperado y sus efectos, con el fin de moderar el daño o aprovechar las oportunidades beneficiosas (IPCC, 2022).
Capacidad Adaptativa	La capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse al daño potencial, aprovechar las oportunidades o responder a las consecuencias (MEA, 2005).
Conocimiento local	Los conocimientos locales hacen referencia al saber y las habilidades desarrolladas por las personas y poblaciones, que son específicos de los lugares donde viven. Estos conocimientos constituyen en un elemento fundamental de los sistemas sociales y culturales que influyen en las observaciones del cambio climático y las respuestas conexas; asimismo, fundamentan las decisiones de gobernanza UNESCO (2018).
Dimensión	Se refiere al grupo de aspectos o componentes que representan un tipo de potencialidades o recursos similares, Por ejemplo: económico, social, humano, natural, etc. Algunos autores lo describen como temas, pilares o capitales. Cada dimensión puede ser estimada mediante un indicador compuesto.
Dimensión específica	Se refiere a cada aspecto de la capacidad de adaptación que se considera relevante y que aporta en la medición de cada dimensión, este puede ser estimado mediante uno o más indicadores, según su complejidad.
Exposición	La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente. Véanse también Peligro, Riesgo y Vulnerabilidad.
Indicador	Se refiere a una función entre una o más variables, que permite medir un atributo o aspecto específico de un sistema o situación.
Indicador compuesto	Combinación de un conjunto de indicadores de componentes individuales que permite medir un componente complejo o un concepto multidimensional, resumiéndolo en un índice simple (unidimensional).