

## Agricultura y cambio climático en México

Alma Mendoza-Ponce<sup>1</sup>, Abi Haro<sup>2</sup>, Guillermo Murray-Tortarolo<sup>3</sup>, José Luis Salazar Frausto<sup>4</sup>

El presente capítulo provee un panorama sobre la investigación de la agricultura y el cambio climático en México. En particular, se muestran las principales líneas y resultados existentes de investigación sobre el sector agrícola y el cambio climático en el país. Con esto se identifican los principales retos y faltantes de información, lo que permitirá dirigir esfuerzos futuros en términos de investigación científica y de divulgación de resultados para la toma de decisiones.

### Contexto

México tiene 1,964,375 km<sup>2</sup> de territorio y de esta superficie se designan 24.6 millones de hectáreas a la agricultura o el equivalente al 12.5 % del total del territorio ([SADER y SIAP, 2021](#))<sup>5</sup>. Los dos tipos de manejo principales son la agricultura de riego con el 27.8% de la superficie agrícola y la agricultura de temporal con el 75.0% de la superficie. No obstante, en términos de la producción, la agricultura de riego representa casi tres cuartas partes del total nacional el (72.2%) (SIAP, 2022)<sup>6</sup>. Estas actividades son el sustento de 5.4 millones de personas, lo que representa el 11.9% de la población económicamente activa ([SADER y SIAP, 2020](#))<sup>7</sup>. Sin embargo, si se toman en cuenta a las personas que dependen de este sector, la cifra podría alcanzar más de 26 millones de personas que habitan en el medio rural ([INEGI, 2021](#))<sup>8</sup>. Por ello, es relevante analizar los cultivos prioritarios para el consumo y economía del país a la luz del cambio climático.

---

<sup>1</sup> Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup> Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>4</sup> Instituto de Estudios Superiores Rosario Castellanos. Posgrado en Cambio Climático y Biodiversidad.

<sup>5</sup> [https://nube.siap.gob.mx/panorama\\_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021](https://nube.siap.gob.mx/panorama_siap/pag/2021/Panorama-Agroalimentario-2021)

<sup>6</sup> [https://nube.siap.gob.mx/index.php/s/oi2ukvy4dVX6DOI?utm\\_source=NUBE](https://nube.siap.gob.mx/index.php/s/oi2ukvy4dVX6DOI?utm_source=NUBE)

<sup>7</sup> [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2020/Atlas-Agroalimentario-2020)

<sup>8</sup> [https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur\\_urb.aspx?tema=P](https://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P)

***México es un gran productor de alimentos en el mundo, pero también dependemos de las importaciones. Esto pone en riesgo a la soberanía alimentaria nacional. Dicha situación será exacerbada por el cambio climático al impactar la balanza comercial agroalimentaria.***

### **Exportaciones**

México es el quinto lugar mundial en producción y exportación de frutas y verduras. Los principales productos agroalimentarios que se exportan son: la cerveza, el aguacate, las berries (zarzamoras, frambuesas, arándanos y fresas), el jitomate, el tequila y los pimientos (SADER y SIAP, 2020). México es el primer productor de aguacate en el mundo con cerca de 2.4 millones de toneladas anuales, el segundo productor de limón y de chile verde con 2.8 y 3.2 millones de toneladas anuales, respectivamente. El país resalta también por ser el primer productor de zarzamora (216 mil toneladas anuales), el segundo productor de frambuesa (146 mil toneladas anuales), y el tercer productor de fresa (558 mil toneladas anuales), ([SADER y SIAP, 2021](#)).

### **Importaciones**

A pesar de la gran relevancia alimenticia y cultural del maíz en México, somos uno de los principales importadores de este grano a nivel mundial. En el período 2016-2020, México importó de Estados Unidos 15.8 millones de toneladas de maíz (FAOSTAT, 2022)<sup>9</sup>. A pesar de importar aproximadamente el 35% de la demanda nacional del cereal, México es autosuficiente en la producción de maíz blanco; sin embargo, dependemos en más del 70.0% de la importación del maíz amarillo que se destina principalmente para ganadería. La dependencia podría verse exacerbada ya que la tendencia es que México se vuelva el país que más maíz importará para el 2030 (OCDE y FAO, 2021)<sup>10</sup>.

México es un gran importador de trigo, en los últimos cinco años se ha colocado entre los 20 países que más compra este cereal (FAO, 2022). En 2019 ocupamos el lugar número 34 en producción, y a pesar del alto rendimiento nacional que supera la media global (6.6 ton/ha para manejo de riego) necesitamos importar más del 60% para satisfacer la demanda nacional (SADER y SIAP, 2021). Además, el país depende de las

---

<sup>9</sup> <https://www.fao.org/faostat/es/#home>

<sup>10</sup> <https://doi.org/10.1787/19428846-en>

importaciones de soya, entre 2015 y 2020 la demanda media anual fue de 5 millones de toneladas (MT), y la producción nacional sólo representó el 5.0% de la demanda nacional, es decir, importamos el 95.0% de la soya; principalmente de Estados Unidos (90.8%) (FAO, 2022; Sun et al., 2018).

El arroz es el segundo cultivo que representa mayor gasto para las familias mexicanas y dependemos de sus importaciones. México fue autosuficiente en la producción de arroz hasta 1988 pero actualmente compramos aproximadamente el 80.0% de la demanda nacional ([SAGARPA, 2016](#)), con una importación de 785 mil toneladas anuales ([FAO, 2022](#)) (véase **Tabla 1**). Otros productos de los cuales dependemos de las importaciones son: el cacao (54.0% de déficit) y el algodón (28.0% de déficit). En el caso del cacao, las mayores importaciones provienen de Ecuador, Costa de Marfil y República Dominicana (37.0%) (SAGARPA, 2016b).

**Tabla 1.** Cultivos prioritarios en términos de producción, importación o exportación en México (FAOSTAT, 2022)\*.

Cultivo	Promedio 2016-2020 (toneladas)					
	Producción	Exportación	Importación	Demanda	Diferencia	%
Soya	253,210	0	4,461,445	4,714,655	-4,461,445	-95
Granos de cacao	28,086	0	32,954	61,040	-32,954	-54
Maíz	27,567,107	1,230,736	15,803,442	42,139,813	-14,572,707	-35
Algodón fibra	320,250	59,535	184,379	445,094	-124,844	-28
Manzana	726,692	0	254,443	981,134	-254,443	-26
Aceite de soja	625,878	0	166,735	792,613	-166,735	-21
Sorgo	4,689,420	0	473,110	5,162,530	-473,110	-9
Frijoles secos	1,080,853	50,063	149,611	1,180,402	-99,549	-8
Chiles y pim secos	60,541	31,986	34,390	62,946	-2,404	-4
Naranjas	4,671,267	62,705	0	4,608,562	62,705	1
Piña tropical	1,014,010	70,245	0	943,765	70,245	7
Higo	8,887	1,102	0	7,785	1,102	14
Raíces y tubérculos	223,184	31,141	0	192,043	31,141	16
Papaya	1,030,816	162,956	0	867,860	162,956	19
Melón	606,707	128,687	26,550	504,570	102,137	20
Fresas	639,835	128,070	16,936	528,701	111,134	21
Mango	2,285,844	406,951	0	1,878,892	406,951	22

Plátanos	2,366,487	517,214	0	1,849,273	517,214	28
Cebollas secas	1,562,964	408,578	0	1,154,385	408,578	35
Limonos y limas	2,617,340	742,232	0	1,875,107	742,232	40
Cerveza	11,512,474	3,473,473	0	8,039,001	3,473,473	43
Guisantes verdes	63,740	18,556	0	45,184	18,556	41
Chiles y pim verdes	3,093,976	1,049,749	0	2,044,227	1,049,749	51
Espinacas	44,490	21,100	5,900	29,290	15,200	52
Coliflor y brócoli	680,335	278,433	0	401,902	278,433	69
Jitomates	4,251,772	1,801,789	0	2,449,983	1,801,789	74
Berenjena	166,814	72,807	0	94,007	72,807	77
Lechuga y achicoria	492,906	249,013	27,955	271,849	221,057	81
Aguacates	2,159,728	1,045,392	0	1,114,336	1,045,392	94
Sandías	1,342,343	720,035	0	622,308	720,035	116
Miel natural	57,366	32,047	0	25,318	32,047	127
Café verde	161,013	101,002	0	60,011	101,002	168
Espárragos	262,602	165,633	0	96,969	165,633	171
Garbanzo	198,194	129,335	0	68,860	129,335	188
Calabazas	719,936	517,800	0	202,136	517,800	256
Pepinos	980,148	760,634	0	219,514	760,634	347

\*El porcentaje muestra el déficit o superávit de los cultivos. El signo negativo refleja la dependencia que tiene México y los valores positivos del porcentaje muestran que hay una sobreproducción, relacionada con la exportación. La FAO no provee datos desagregados de la balanza comercial de aguacate y berries que son prioritarios para la economía agrícola del país. Se muestran únicamente los cultivos de los cuales México está entre los primeros 20 productores globales.

Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT, 2022)\*.

***Actualmente ya se observan y se proyectan impactos importantes y diversos del cambio climático sobre el sector agrícola mexicano.***

Se prevé: 1) una reducción en la producción general agrícola hacia finales de siglo con efectos negativos para la seguridad alimentaria nacional, 2) mayores pérdidas de producción por shocks climáticos o eventos extremos, 3) una posible expansión o intensificación agrícola con efectos en los ecosistemas y recursos hídricos y edáficos, y 4) el aumento de la dependencia agroalimentaria por incrementos en importaciones de productos y aumentos de costos de importación.

Las siguientes secciones mostrarán las principales líneas y resultados del contexto de la investigación en los temas de agricultura y cambio climático en México. Con este fin,

proponemos una tipología que nos permita abordar el tema desde tres perspectivas: primera, los estudios que muestran los impactos históricos del clima sobre la producción agrícola; segunda, las investigaciones relacionadas con los shocks climáticos sobre la producción (en particular la sequía), y tercera, los estudios de proyecciones futuras a mediano y largo plazo que evalúan los efectos de variables climáticas bajo escenarios de cambio climático.

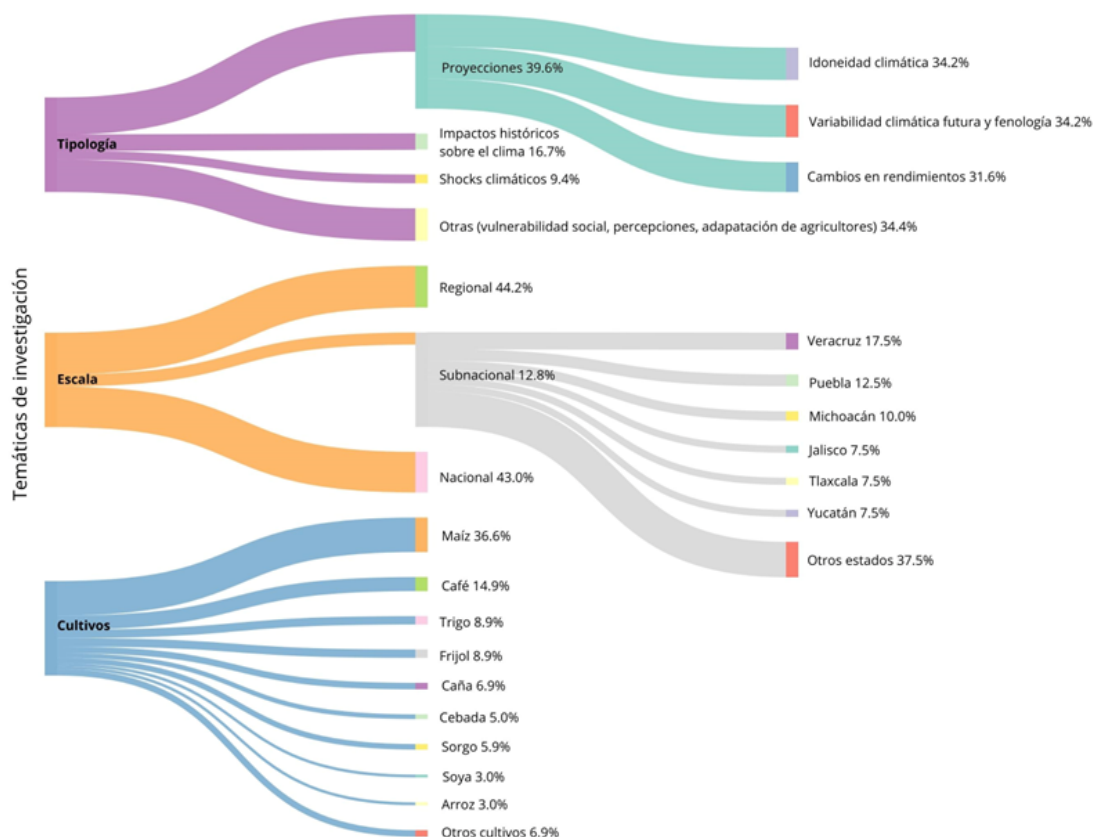
***El estado actual de la investigación de la agricultura y el cambio climático en México refleja poca diversidad de los cultivos analizados, así como un sesgo geográfico concentrado únicamente en ciertas zonas del país.***

A través de una búsqueda sistemática de literatura científica se encontraron 96 artículos relacionados con agricultura y cambio climático en México, los cuales fueron publicados entre 1990 y 2022. Los hallazgos fueron que la mayoría de los estudios incluyen al maíz, seguido del café, frijol y trigo (véase **Figura 1**). La mayoría de las publicaciones fueron nacionales, los estados más analizados son Veracruz, Puebla, Jalisco y Tlaxcala (véase **Figura 1**).

***Los estudios de los impactos históricos del clima sobre la agricultura nacional se centran en las condiciones de temporalidad y variabilidad de temperatura y precipitación y en aspectos fenológicos de los cultivos analizados.***

El 16.7% de las publicaciones se enfocan en el análisis de la relación entre variables climáticas, como la duración de las temporadas de secas o de lluvias, las temperaturas máximas, mínimas, la evapotranspiración, la aridez o los días de crecimiento y floración. Los cultivos más representados en este tipo de análisis fueron el maíz y el café con 36.7% cada uno, seguidos del centeno y la manzana con 12.5%. Este tipo de estudios se realiza primordialmente a nivel subnacional; los estados más representados fueron Sonora, Veracruz, Sinaloa, Jalisco y Chihuahua. Los principales resultados muestran cómo la variabilidad climática afecta negativamente a los cultivos y sugieren la necesidad de modificar los tiempos de siembras por los cambios en el comienzo y la duración de las temporadas de lluvias (Ruíz-Corral et al., 2000; Sánchez-Cohen et al., 2012; Villers et al., 2009).

**Figura 1.** Tipología de la revisión de literatura, nivel geográfico de estudio y cultivos más populares en los estudios de cambio climático y sus impactos en la agricultura en el país. Los números muestran los porcentajes.



Fuente: Elaboración propia con los resultados de la revisión bibliográfica.

***Los estudios nacionales enfocados en los impactos de los shocks climáticos sobre la producción agrícola identifican efectos de El Niño Oscilación del Sur y la Niña sobre la productividad algunos cultivos.***

Estas investigaciones se enfocan en aspectos como sequías, inundaciones, heladas o eventos extremos que se han registrado en el pasado. No hay proyecciones de estos eventos por la incertidumbre y la complejidad de la modelación de estos fenómenos, aunque se espera que algunos de ellos sean exacerbados por el cambio climático (IPCC, 2022). Encontramos impactos negativos de la sequía en la caña de azúcar y se sugiere compensar la escasez hídrica con irrigación (Santillán-Fernández et al., 2016). También se considera la influencia de El Niño Oscilación del Sur y la Niña sobre el maíz y el frijol. Se

encontró que hay una relación inversa, ya que en años con fenómenos de la Niña hay inviernos más secos y veranos más húmedos, mientras que en años de El Niño los inviernos son más húmedos pero los veranos más secos; esto afecta diferencialmente la producción de frijol de temporal de los estados del norte y los sembradíos de maíz de temporal en el sur del país. También se modifican los cultivos del centro de México, en donde se ven reducciones en productividad en años de El Niño con un aumento de erosión por la disminución de la temporada de lluvias, pero donde hay eventos de tormentas intensas; mientras que se ven aumentos de la productividad en años La Niña (Tiscareño-López et al., 2001). Estos resultados muestran la importancia de los estudios locales, ya que no es posible generalizar estrategias para los cultivos en los estados y municipios del país con escenarios de cambio climático.

***Un alto porcentaje de los estudios del cambio climático y la agricultura en México se han enfocado en las proyecciones futuras de los impactos sobre los cultivos de importancia nacional.***

La mayoría de la literatura relacionada con agricultura y cambio climático en México está en este grupo (39.8%). Existen al menos tres diferentes tipos de abordajes de este rubro: 1) las proyecciones de los cambios de rendimientos de cultivos, 2) los cambios en la superficie con idoneidad climática y 3) la identificación de los cambios en variables climáticas que superan los umbrales óptimos y que se relacionan con cambios en la tolerancia, la fenología o la adaptación de los cultivos.

***Cinco de seis cultivos que representan el 65% del área cosechada del país tendrán impactos negativos por el cambio climático con decrementos de rendimientos hasta el 59% y con costos económicos de casi 38 mil millones de dólares. De las pérdidas encontradas, el 69% se dan en el manejo de temporal. Los estados de Veracruz, Sinaloa, Tamaulipas y Jalisco presentan la mitad de las pérdidas económicas.***

Existen pocos estudios que analicen los impactos del cambio climático sobre varios cultivos y manejos en el país. Un estudio reciente muestra que el maíz, trigo, sorgo, arroz y soya reducirán sus rendimientos afectando la economía nacional (Estrada et al., 2022).

***Los impactos observados y potenciales del cambio climático sobre el maíz son negativos. Se proyecta una reducción de los rendimientos de hasta 80% en zonas del país y una disminución entre 3.0% y 18.0% de su idoneidad climática.***

Los primeros estudios reportados del maíz y el cambio climático en México fueron hechos en la década de los noventa y el hallazgo fue que con un incremento de 2.0°C y una reducción en la precipitación del 20%, el área idónea para el maíz se reduciría en un 18.0% (Conde et al., 1997). En la misma línea de investigación se muestran reducciones de la idoneidad climática de entre 3.0% a 4.3% en México con escenarios de cambio climático (Monterroso-Rivas et al., 2011). Posteriormente, otros estudios que usaron el escenario RCP8.5 proyectaron reducciones del rendimiento del maíz de temporal del 10% a nivel nacional con disminuciones regionales de hasta 80% (Murray-Tortarolo et al., 2018), 81.6% (Gómez Díaz et al., 2020), 84% (Arce-Romero et al., 2020), 42.6% (Estrada et al., 2022), y decrementos entre 0.25 to 0.5 t/ha (Ureta et al., 2020). Hay autores que sugieren que más que la temperatura, el impacto negativo se debe a la disponibilidad de agua y a la duración de la temporada de secas, sobre todo para el maíz de temporal, principalmente en el noreste y sur del país (Arce-Romero et al., 2020; Murray-Tortarolo et al., 2018). Estas zonas, representadas por los estados de Jalisco, Campeche, Oaxaca, Chiapas y Michoacán son también reportadas con las mayores reducciones (hasta el 5.5%) en la idoneidad climática para este cultivo (López-Blanco et al., 2018).

***Los impactos observados y potenciales del cambio climático sobre el café son negativos. Hay registros actuales que muestran reducciones en rendimientos en el periodo de 2010 al 2020 de 42.5% y 23.4% para el café de riego y de temporal, respetivamente.***

Los estudios de café y el cambio climático en México se remontan al 2006 (Gay et al., 2006); en este estudio se proyectaba una reducción al 2020 del 34% en la producción de Veracruz, debido al cambio climático. Este decremento ha sido mayor, incluso en el periodo 2010 a 2020 en donde se muestra una disminución del 36.7% en ese estado (SIAP, 2022). Esta reducción se debe a varios factores, primero a la reducción en superficie cosechada en ambos manejos; por ejemplo, el decremento de 48.6% en el área de riego. Sin embargo, también ha habido una reducción en los rendimientos de 42.5% y 23.4% para riego y temporal, entre 2010 y 2020, respectivamente (SIAP, 2022). Es necesario analizar si esta reducción está asociada mayormente con cambios de temperatura o precipitación.

***Los impactos potenciales negativos del cambio climático sobre el trigo podrían mitigarse a través del cultivo de nuevas variedades más resistentes a condiciones climáticas***



***extremas. Para mitad del siglo podrían reducirse los rendimientos del trigo hasta 23.3% para trigo de temporal y 20.0% para trigo de riego.***

Los análisis acerca del trigo en México son relevantes porque si bien el país importa gran cantidad de este cultivo (~65%) (FAO, 2022), los cultivos de trigo en el país se han caracterizado por nuevas variedades y tecnologías desarrolladas por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) (Lobell et al., 2005) que hacen que México tenga rendimientos mayores a la media internacional (FAO, 2022). Hay estudios que sugieren que bajo un escenario RCP8.5 los rendimientos para el 2050 caerían en ~15% para trigo de temporal y ~7.5% para trigo de riego (Arce-Romero et al., 2020; Hernandez-Ochoa et al., 2018). Mientras otros escenarios muestran que para fin de siglo esto podría aumentar a 23.3% y 20.0% para temporal y riego, respectivamente (Estrada et al., 2022).

***Los cambios en la temperatura y la precipitación impactan negativamente la producción del frijol en México; sin embargo, hay variedades que han mostrado mejor adaptación a climas secos y cálidos.***

El frijol podría tener decrementos de 10% a 40% debido a mayores temperaturas y reducciones en precipitación (Arce-Romero et al., 2020); sin embargo, especies del género *Phaseolus* como *P. filiformis*, *P. purpusii*, y *P. maculatus* han mostrado estar más adaptadas a climas más secos (Cerdeña-Hurtado et al., 2018).

***Los estudios enfocados en sorgo son contrastantes. Hacen falta mayores análisis.***

Las publicaciones que han analizado al sorgo muestran resultados contrastantes, ya que se por un lado hay ligeros incrementos en la aptitud o idoneidad climática del cultivo (Gómez Díaz et al., 2020), mientras que otros reportan reducciones en rendimientos (SEMARNAT y INECC, 2018). Un estudio reciente muestra que podría haber decrementos de 41.1% y 36.6% para sorgo de temporal y riego respectivamente (Estrada et al., 2022).

***Estudios proyectan impactos positivos del cambio climático sobre la caña de azúcar.***

La caña de azúcar es el producto con más volumen a nivel mundial y México es el séptimo productor, aunque es el número 36 en rendimientos (FAO, 2022). Bajo escenarios de cambio climático se espera que este cultivo pueda tener aumentos en rendimientos entre 1.0% y 3.0% por cambios en la evapotranspiración en la región del Pacífico y en el noreste

del país, para ello, se sugiere que se adelanten las cosechas para evitar la floración temprana (Baez-Gonzalez et al., 2018). Otro estudio sugiere reducciones en la caña de temporal para fin de siglo de hasta 72.2%; sin embargo, con efecto fertilizador de CO<sub>2</sub> podría haber incrementos de hasta 39.7% (Estrada et al., 2022).

### ***Futuras consideraciones***

- Se necesitan más estudios que analicen la idoneidad y los impactos del cambio climático en los cambios fenológicos y las temporadas de siembra en variedades regionales de maíz, frijol y otros cultivos prioritarios para la agrobiodiversidad como calabazas, chiles, jitomates y papas.
- Se requieren estudios que analicen los impactos en cultivos (cambios fenológicos, temporada de siembras) y variedades de importancia para la balanza económica comercial que incluyan plantas perennes. Cultivos relevantes en exportaciones (aguacate, café, berries, jitomate y cebada) e importaciones (trigo, sorgo, arroz, soya).
- Se debe apoyar a las investigaciones que evalúen los impactos diferenciales entre las regiones del país de acuerdo con los contextos de los cultivos y la variabilidad climática.
- La mitad de las pérdidas económicas por impactos del cambio climático en la agricultura se dan en los estados de Veracruz, Sinaloa, Tamaulipas y Jalisco.
- Es prioritario para el país seguir documentando y publicando datos de la producción, cosecha y rendimientos de los municipios del país y dentro de ellos y generar datos locales de producción detallada que permitan enriquecer los modelos de impactos del cambio climático en el sector agrícola.
- Los modelos relacionados con cambio climático y agricultura deberán incluir también aspectos edáficos, hídricos para poder evaluar aspectos relevantes de la producción agrícola en el país.
- Se deben integrar proyecciones de demandas y producciones futuras de los cultivos con escenarios para establecer agendas prioritarias del sector agrícola.

## Referencias

- Arce-Romero A, Monterroso-Rivas A, Gómez J, Palacios M, Navarro E, López-Blanco J, y Conde C. 2020. Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. *Atmósfera* <https://doi.org/10.20937/ATM.52430>
- Baez-Gonzalez A, Kiniry J, Meki M, Williams J, Alvarez C, Ramos L, y Magallanes A. 2018. Potential impact of future climate change on sugarcane under dryland conditions in Mexico. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(5), 515–528. <https://doi.org/10.1111/jac.12278>
- Cerda-Hurtado I, Mayek-Pérez N, Hernández-Delgado S, Muruaga-Martínez J, Reyes-Lara M, Reyes-Valdés M, y González-Prieto J. 2018. Climatic adaptation and ecological descriptors of wild beans from Mexico. *Ecology and Evolution* 8(13), 6492–6504. <https://doi.org/10.1002/ece3.4106>
- Conde C, Liverman D, Flores M, Ferrer R, Araújo R, Betancourt E, Villarreal G, y Gay C, 1997. Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. *Climate Research*, 9, 17–23. <https://doi.org/10.3354/cr009017>
- Eakin H, Appendini K, Sweeney S, y Perales H. 2015. Correlates of Maize Land and Livelihood Change Among Maize Farming Households in Mexico. *World Development*, 70, 78–91. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.12.012>
- Estrada, F., Mendoza-Ponce, A., Calderón-Bustamante, O. and Botzen, W., 2022. Impacts and economic costs of climate change on Mexican agriculture. *Regional Environmental Change*, 22(4): 126.
- FAO. 2022. FAOSTAT statistical database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Gay C, Estrada F, Conde C, Eakin H, y Villers L. 2006. Potential Impacts of Climate Change on Agriculture: A Case of Study of Coffee Production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*, 79(3–4), 259–288. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9066-x>
- Gómez DJ, Flores R, y Monterroso A. 2020. Aptitud actual bajo escenarios de cambio climático para tres cultivos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 777–788. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2463>
- Hernandez-Ochoa I, Asseng S, Kassie B, Xiong W, Robertson R, Luz PD, Sonder K, Reynolds M, Babar MA, Molero A, y Hoogenboom G. 2018. Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 373–387. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.09.008>
- INEGI. 2021. *Resultados del Censo 2020. Instituto de Geografía y Estadística.*
- IPCC. 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 3056 pp.) H. Pörtner, D. Roberts, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.). Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, doi:10.1017/9781009325844.].

- Jaramillo AJ, Peña B, Hernández SJ, Díaz R, y Espinosa A. 2018. Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 911–923. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1501>
- Lobell D, Ortiz-Monasterio J, Asner P, Matson P, Naylor R, y Falcon W. 2005. Analysis of wheat yield and climatic trends in Mexico. *Field Crops Research*, 94(2–3), 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.01.007>
- López-Blanco J, Pérez-Damián JL, Conde C, Gómez-Díaz J, y Monterroso-Rivas A. 2018. Land suitability levels for rainfed maize under current conditions and climate change projections in Mexico. *Outlook on Agriculture*, 47(3), 181–191. <https://doi.org/10.1177/0030727018794973>
- Monterroso-Rivas A, Conde C, Rosales G, Gómez-Díaz J, y Gay C. 2011. Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in México. *Atmósfera*, 24, 53–67.
- Murray-Tortarolo G, Jaramillo V, y 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>
- OECD y Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030*. OECD. <https://doi.org/10.1787/19428846-en>
- Ruíz-Corral J, Ramírez J, Flores J, y Sánchez J. 2000. Cambio Climático y su impacto sobre la estación del crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Rev. Fitotec. Mex.*, 23(2), 169–182.
- SADER y SIAP. 2020. *Panorama Agroalimentario 2020*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- SADER y SIAP. 2021. *Panorama Agroalimentario 2021*. Secretaría de Desarrollo Rural (SADER) y Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- SAGARPA. 2016a. *Arroz Mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA).
- SAGARPA. 2016b. *Cacao Mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA).
- Sánchez-Cohen I, Inzunza M, Catalán E, González J, González G, y Velásquez M. 2012. Variabilidad climática y productividad agrícola en zonas con errático régimen pluvial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 805–811.
- Santillán-Fernández A, Santoyo-Cortés V, García-Chávez L, Covarrubias-Gutiérrez I, y Merino, A. 2016. Influence of drought and irrigation on sugarcane yields in different agroecoregions in Mexico. *Agricultural Systems*, 143(C), 126–135.
- SIAP. 2022. *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
- Sun J, Mooney H, Wu W, Tang H, Tong Y, Xu Z, Huang B, Cheng Y, Yang X, Wei D, Zhang F, y Liu J. 2018. Importing food damages domestic environment: Evidence from global soybean trade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(21), 5415–5419. <https://doi.org/10.1073/pnas.1718153115>

- Tiscareño-López M, César I, Rosenberg N, Baez-Gonzalez A, y García, J. 2001. Modeling El Niño Southern Oscillation climate impact on Mexican agriculture. *Geofísica Internacional*, 42.
- Ureta C, González E, Espinosa A, Trueba A, Piñeyro-Nelson A, y Álvarez-Buylla E. 2020. Maize yield in Mexico under climate change. *Agricultural Systems*, 177, 102697. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102697>
- Villers L, Arizpe N, Orellana R, Conde C, y Hernández J. 2009. Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. *Interciencia*, 34, 322–329.