



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU EFECTO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE MÉXICO

CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECT ON AGRICULTURAL CROPS IN MEXICO

Carlos Gerardo Hernández Aguilar

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México

Gisela Margarita Santiago Martínez

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México

Juan Regino Maldonado

Instituto Politécnico Nacional, México

Ernesto Castañeda Hidalgo

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México

Salvador Lozano Trejo

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México

Martha Patricia Jerez Salas

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.22157

El Cambio Climático y su Efecto en Cultivos Agrícolas de México

Carlos Gerardo Hernández Aguilar¹
aguilarc_92@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5672-6917>
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca
México

Juan Regino Maldonado
jregino@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2341-5703>
Instituto Politécnico Nacional
México

Salvador Lozano Trejo
lozanos.2004@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6809-948x>
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca
México

Gisela Margarita Santiago Martínez
gisela.sm@voaxaca.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-0064-7010>
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca
México

Ernesto Castañeda Hidalgo
casta_h50@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9296-1439>
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca
México

Martha Patricia Jerez Salas
drapatyjerez@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6318-4578>
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca
México

RESUMEN

El cambio climático es un fenómeno atípico por acciones naturales y antropogénicas que afecta los diferentes sectores del planeta, entre ellos, el agroalimentario mundial. Este fenómeno ha generado un desequilibrio en la producción agropecuaria que contribuye a la seguridad alimentaria. Por ello, se planteó la necesidad de generar información para tener un panorama del impacto que el cambio climático ha generado en la producción de alimentos en México y poder contribuir a la formulación de estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático. El objetivo fue analizar los efectos del cambio climático sobre diferentes cultivos agrícolas en México. La investigación fue documental mediante la búsqueda de artículos y documentos de interés en libros y revistas de interés en plataformas digitales como Redalyc, Google académico y Science Direct. Los hallazgos muestran que los cultivos que mayor han tenido afectaciones son el maíz, frijol, café y nogal. Las principales variables climáticas que han tenido una modificación son la temperatura y la precipitación, mediante factores como precipitaciones intensas, sequías prolongadas y altas temperaturas como principales efectos que amenazan el desarrollo, producción y rendimiento de cultivos agrícolas.

Palabras clave: antropogénicas, fenómeno, sector agroalimentario

¹ Autor principal.
Correspondencia: gisela.sm@voaxaca.tecnm.mx

Climate Change and its Effect on Agricultural Crops in Mexico

ABSTRACT

Climate change is an atypical phenomenon, both natural and anthropogenic, that affects different sectors of the planet, including the global agri-food sector. This phenomenon has generated an imbalance in agricultural production that contributes to food security. Therefore, the need arose to generate information to gain an overview of the impact that climate change has had on food production in Mexico and to contribute to the formulation of climate change adaptation and mitigation strategies. The objective was to analyze the effects of climate change on different agricultural crops in Mexico. The research was documentary, searching for articles and documents of interest in books and magazines on digital platforms such as Redalyc, Google Scholar, and Science Direct. The findings show that the crops most affected are corn, beans, coffee, and walnut. The main climatic variables that have changed are temperature and precipitation, with factors such as intense rainfall, prolonged periods, and high temperatures as the main effects that threaten the development, production, and yield of agricultural crops.

Keywords: anthropogenic; phenomenon: agri-food sector

*Artículo recibido 10 diciembre 2025
Aceptado para publicación: 10 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

El cambio climático (CC) es un fenómeno generado por el sobrecalentamiento del planeta, originado por la retención de los rayos solares por efecto de los gases de efecto invernadero (GEI) por acciones antropogénicas, dando origen a modificaciones a prolongados tiempos manifestándose en el clima propio de una región (Santos y Bokhshoodeh, 2021). Este fenómeno se generó por diferentes alteraciones antropogénicas a nivel global, a partir de las acciones como la deforestación, agricultura industrial, industria, y quema de combustibles fósiles. México, por su ubicación y condiciones climáticas, está expuesto a fenómenos hidrometeorológicos extremos con efectos significativos en zonas de ladera, costeras y áreas inundables, afectando de manera significativa al sector agrícola (López-Feldman y Hernández-Cortés, 2016).

Esta problemática global ha generado diferentes tratados para hacer frente al CC mediante políticas públicas. El primero de ellos fue el tratado de 1990 en cuyo manifiesto se estableció la preocupación científica relacionada a los efectos del CC e intensidad de los diferentes fenómenos suscitados. El segundo se denominó Cambio Climático 1995, en donde se analizó normalizar la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a un nivel bajo para impedir interferencias antropogénicas y peligrosa en el sistema climático.

El tercero de ellos se denominó CC 2001, en donde se establecieron bases científicas sobre la vulnerabilidad, efectos, y procesos de adaptación, y mitigación. El cuarto fue en 2007, en donde se sintetiza el escenario global del cambio climático, los cambios observados y sus efectos mediante datos científicos que lo hacen una realidad y que su origen es por la actividad humana (Díaz-Cordero, 2012). Para 2005, el Protocolo de Kioto estableció que los países debían mostrar avance para cumplir sus compromisos, efectuando los objetivos de la población mundial de impedir acciones peligrosas para el sistema climático (Rodríguez, 2007; García-Maldonado, 2022). En el más reciente, en 2015 mediante la Agenda 2030, bajo el tema “es hora de la acción mundial, por las personas y el planeta” ahí se estableció metas para proporcionar capacidad de resiliencia a las afectaciones relacionadas con el clima y catástrofes naturales (Gamboa-Bernal, 2015).

La lucha contra el CC mediante tratados y acuerdos internacionales ha generado resultados, las causas posibles son la escasa ambición en la reducción de emisiones establecidas en los diferentes tratados; la



rígida y estática diferenciación entre estados que tienen interés en reducir la emisión de GEI; y la percepción entre muchos estados de un reparto desequilibrado de la carga por diversas razones que ha llevado a la situación paradójica de que los estados más emisores (USA, China, India) no estén obligados a reducirlas, lo que ha generado incremento en la incidencia de desastres naturales y una nula seguridad humana mediante sus medios de subsistencia (Valencia-Hernández et al., 2015; Salas-Castelo y Maldonado, 2020).

Para años futuros, sobrevivir en el planeta será más complicado, ya que los ecosistemas han desaparecido rápidamente y ponen en riesgo la sobrevivencia humana, a consecuencia de las condiciones climáticas que han alterado de diferente manera el agroclima dificultado la actividad del humano (Ruiz-Corral *et al.*, 2016); donde producir alimentos será uno de los sectores de mayor afectación, ya que el CC incrementa la presencia de enfermedades, plagas y especies no nativas, la temperatura, la precipitación y los hábitos culturales (Zarate-Malpica y Miranda-Zambrano, 2016).

Las modificaciones en el clima global albergan un panorama catastrófico a nivel planeta, por lo que debe ser incesantemente estudiado para mostrar hallazgos científicos relacionados a la alimentación, salud, actividad económica, sociocultural (Bastidas-Pacheco y Hernández, 2019); como mecanismos radiactivos, alteraciones atmosféricas, océano y de la permutación en la superficie terrestre, para evidenciar las consecuencias negativas para la vida futura (Chiabai *et al.*, 2018). El objetivo fue analizar los factores del CC que afectan la producción de cultivos agrícolas que contribuyen a la seguridad alimentaria en México.

METODOLOGÍA

El presente trabajo tiene un enfoque cualitativo y se fundamentó mediante la investigación documental a través de la recopilación de información relacionados al cambio CC: efecto invernadero, calentamiento global, cambio climático y efectos del CC sobre cultivos agrícolas en México, y cultivos base que contribuyen a la seguridad alimentaria afectados por precipitación y temperatura. Se realizó la búsqueda de información mediante palabras clave en bases de datos como Redalyc, Google académico, Science Direct y Scopus. Se encontró un total de 56 documentos los cuales fueron analizados e interpretados para cada apartado, de los cuales 10 fueron para efecto invernadero, 7 para calentamiento global, 10 para cambio climático, 14 para precipitación y 15 para temperatura. A la



información generada se le realizó un análisis descriptivo y longitudinal sobre las afectaciones a cultivos de granos básicos durante los últimos 20 años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto invernadero

De acuerdo a Cepsa (2015) los gases que origina el efecto invernadero son vapor de agua (H_2O), ozono (O_3), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano y de forma antropogénica el perfluorocarbono (PFC's), hidrofluorocarbonos (HFC's) y hexafluoruro de azufre (SF_6). Este grupo de gases se origina por actividades cotidianas del ser humano. El proceso químico consiste en la inhibición de los gases por la atmósfera mediante la radiación de calor expulsada por el sol y los océanos, la cual es esparcida nuevamente hacia la tierra dando origen a alteraciones en la temperatura terrestre, proceso biológico que da origen a la vida (Yue y Gao, 2018).

La emisión de los GEI se atribuye a diversos factores, antropogénico como naturales, el (CO_2) como el gas más dañino, afecta la atmósfera, es incoloro, inodoro, formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno enlazado por covalentes, se genera en desarrollo de combustión, respiración y fermentación. conforma tres sistemas del carbono en donde se cambia con la biósfera global, impidiendo fuga de radiación solar, neutralizando su temperatura; es un regulador del oxígeno en la atmósfera (O_2), regula su densidad mediante la fotosíntesis y degradación de la materia orgánica hasta CO_2 , regula el nivel de pH del océano, mediante la formación de ácido carbónico (H_2CO_3), para neutralizar el carbonato de calcio ($CaCO_3$) presente en el medio (Arroyo y Ramírez-Monroy, 2020; Muñoz-Vizhñay *et al.*, 2018).

Las concentraciones globales del CO_2 han aumentado drásticamente, que oscila entre 200 y 280 partículas por millón (ppm), a 379 ppm en 2005, este registro fue el más alto registrado en los últimos 500,000 años. Actualmente, sigue en aumento anual de 1.9 ppm. Las concentraciones de metano (CH_4) sigue el mismo patrón, de 715 a 1774 (ppb) en 2005, superada en los últimos 650, 000 años, entre 320 y 790 ppm, similar al (N_2O) en la atmósfera.

En México hasta 2020, hubo una emisión de 804 millones de CO_2 equivalente de GEI, que representó el 1.3% a nivel global, originado por la actividad automotriz, sector que produce más GEI en México, con cerca de una cuarta parte del total generado a nivel global (Olivo y Soto-Olivo, 2010; Cárdenas-Salgado *et al.*, 2021).



De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), existe alerta mundial sobre el riesgo que representan altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera, de 400 ppm en los próximos años, proyectando una difícil disminución de GEI y alteraciones al sector agropecuario poniendo en riesgo la seguridad alimentaria para el país ante la creciente situación demográfica (Saynes-Santillán *et al.*, 2016).

Calentamiento global

El calentamiento global es generado por la concentración de GEI, este proceso se genera mediante la retención de calor de la radiación solar, fenómeno que modifica los patrones meteorológicos del planeta dependiendo de la ubicación geográfica. Los gases concentrados naturalmente atrapan la radiación solar al espacio exterior, para ser absorbidos por océanos y flora (Paterson, 2017). Arcos-Navarro (2007) indica que hay dos formas de expresar al calentamiento global; mediante el incesante incremento de la temperatura promedio de la superficie terrestre y unidades marinas (océanos). Y con la teoría que predice mediante proyecciones fundamentadas un aceleramiento futuro en las temperaturas. Espejel-Rodríguez y Flores-Hernández (2015) enfatizan que el calentamiento global es el sobrecalentamiento generado al haber incremento de la temperatura, originado por la emisión de gases por acciones antropogénicas, como quema de combustibles fósiles, petróleo, gas natural y carbono por la industria automotriz por mencionar algunos. De acuerdo a Olmos-Martínez (2013) y Guhl (2008) el calentamiento global es el efecto del aumento de GEI, desaparición de países, nivel del mar en aumento, anomalías climáticas que genera fenómenos como: fenómenos marinos (huracanes y ciclones), sequías, inundaciones, lluvias intensas, vientos extremos, extinción de especies naturales, pérdidas económicas por desastres naturales y modificación del ciclo hidrológico. Paterson (2017) menciona que tales fenómenos y desastres naturales serán de mayor frecuencia en las regiones más vulnerables y aumentarán en intensidad global. Luna-Nemecio (2019) indica que el calentamiento global traerá fuertes consecuencias como el estrés hídrico, colapso económico y problemas sociales a nivel mundial.

Cambio climático

Paterson (2017) indica que el cambio climático es el fenómeno actual que repercute directamente a las modificaciones en las condiciones del clima causados por el calentamiento global. Ghil *et al.* (2002) mencionan que el clima de la Tierra tiene una variación y pueden generarse mediante la modificación



en escalas temporales y a lo largo del tiempo. La Organización de la Naciones Unidas (ONU, 2007) refiere que el CC hace referencia a la variación a largo plazo y que muestran una anormalidad en temperatura y patrones climáticos. García-Fernández (2011) menciona que las variables que muestran estas alteraciones son el descongelamiento de glaciares, descenso del permafrost, reducción de las temporadas frías, y el acelerado aumento de los niveles en los océanos (López-Feldman y Hernández-Cortez, 2016).

Las principales actividades que generan una variación en los patrones climáticos se dan de dos formas; una natural (no relacionadas con el ser humano), como la laminación solar, las modificaciones en los indicadores orbitales de la tierra, la inclinación de la tierra, la excentricidad orbita, las erupciones volcánicas, y movimiento de los continentes. De la misma manera, las actividades antropogénicas originan cambios en la estructura química de la atmósfera, por la descomposición de animales y/o actividades como quema de recursos fósiles y la agricultura. La combinación de todas las acciones naturales y humanas han alterado el funcionamiento del medio ambiente, generando cambio en condiciones climáticas particulares o distintas en los diferentes ecosistemas (Arevalo-Moscoso, 2018). Otras acciones antropogénicas que atribuyen al cambio climático global son generadas por la silvicultura, industria automotriz, suministro de energía, mientras que el comercio, cría de ganado y la agricultura que ha incrementado a lo largo del tiempo (Bastidas-Pacheco y Hernández, 2019).

Estas acciones repercuten directamente en fenómenos meteorológicos, incremento de la temperatura promedio y alteraciones de océanos, modificación pluvial, sequías y siniestros naturales, los cuales afectan en gran parte del mundo por su frecuencia, potencia, continuidad y trayectoria (García-Vinuesa *et al.*, 2020). Por ello, es importante generar conocimientos sobre la estructura y evolución climática para comprender la relación del clima en cuanto al espacio y tiempo y la adaptación social que se pueda generar (Dupigny-Giroux, 2017).

Efectos de variables climáticas en cultivos agrícolas

Precipitación

La precipitación forma parte del proceso hidrológico de la tierra, al genera la lluvia, proceso esencial para suministrar agua dulce a los mantos acuíferos y satisfacer necesidades humanas. Es la fuente principal para la biomasa terrestre al fungir como elemento principal, por lo que es importante en



cantidad y distribución en los periodos, ya que, durante el año, determina los patrones de producción y la fenología de los ecosistemas y agroecosistemas (Béjar-Pulido *et al.*, 2018; Carrera-Villacrés *et al.*, 2016).

La precipitación pluvial es una variable que tiene efectos en la actividad agrícola, en la fenología de los cultivos como: desarrollo, producción y rendimientos. La falta de agua, no solo atrasa la producción de frutos, sino también la época y perduración de días secos. Todo repercute en los procesos fenológicos, si no que genera cambios microbiológicos, fisicoquímicos y fisiológicos, fisicoquímicos en el vínculo suelo y planta-agua (Ruiz- Sánchez *et al.*, 2016).

Para México, durante 2005-2021, se tuvo una precipitación media anual de 778.2 mm, de 400.4 mm promedio en el noroeste, en la región noreste de 554.3 mm, en la región este 811.2 mm, en el centro de 880.5 mm y para el sur 1567 mm (CONAGUA, 2022); esta posición se origina al alto número de ciclones tropicales que se desarrollan en los océanos Pacífico y el Golfo de México, mientras que los periodos de lluvias son mayores y corresponden a los meses de junio a octubre (Monterroso y Conde, 2015). La falta de precipitación mediante sequías, ha generado daños directos en la agricultura, originando altos niveles de riesgos que repercuten directamente en el sector agroalimentario (Gallardo-Ballat y Brown Manrique, 2016).

México por su localización geográfica, está expuesto a fenómenos meteorológicos; huracanes, ondas tropicales y ciclones. Las afectaciones de mayor frecuencia son el resultado de la alta o nula precipitación en los diferentes estados en distribución, intensidad y durabilidad, patrones modificados por el cambio climático global, mostrando afectaciones en cuanto a rendimiento, producción y desarrollo de diferentes cultivos agrícolas de granos básicos del territorio nacional (Cuadro 1).

Tabla 1. Afectaciones por precipitación en diferentes cultivos de México.

Estado	Cultivo	Afectación por alta o nula precipitación	Fuente
Michoacán	Maíz, frijol y sorgo	Por sequia disminuyó la siembra, de 110 170 ha en 1997, a 75 125 en 2006, con una reducción del 31.8% de la superficie.	Granados-Ramírez y Longar-Blanco, 2008
Tlaxcala de Matamoros, Oaxaca.	Jitomate, zanahoria, frijol y maíz	Concentraciones altas de arsénico, 0.025 mg/l, con un límite de 0.01 mg/l.	Caballero-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2010

Celaya, Guanajuato	Frijol (flor de mayo). (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Afectación en plantas por deficiencia hídrica, variación en fuerza hídrica foliar (Ψ), de turgencia (P), y osmótico (π).	Barrios-Gómez <i>et al.</i> , 2011
Michoacán	Maíz, (<i>Zea mays</i> , L.)	Retraso en la fecha de siembra y heladas tempranas.	González-Martínez <i>et al.</i> , 2017
Matatlán, El Camarón Yautepec, Oaxaca	Agave, (<i>Angustifolia Haw</i>)	Desertificación de los suelos, daño en la capacidad de retención de agua, que dirige pausadamente a la erosión.	Antonio-Bautista <i>et al.</i> , 2017
Zacatepec, Morelos	Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	Disminución de la emergencia de la panícula, floración y llenado del grano por sequía.	López-Hernández <i>et al.</i> , 2018
Puente Nacional y Actopan, Ver.	Maíz, (<i>Zea mays</i> , L.)	Disminución del rendimiento de 3.29 kg ha ⁻¹ en el 96 y 91 % de la superficie con alta acción productiva.	Guajardo-Panes <i>et al.</i> , 2018
Tlaxcala	Maíz, (<i>Zea mays</i> , L.)	Bajo rendimiento por retraso de lluvias, sequía y granizada.	Orozco-Bolaños <i>et al.</i> , 2019
Mixteca Alta, Oaxaca	Maíz, (<i>Zea mays</i> , L.)	Cantidades bajas de lluvia, reducción de precipitación, y fenómenos que originaron un incremento de precipitaciones muy intensas.	Bocco <i>et al.</i> , 2019
San Miguel Soyaltepec, San Juan Bautista Tuxtepec (Oaxaca)	Caña, (<i>Saccharum officinarum</i>)	Deficiencia en desarrollo de la caña. Pérdidas económicas por nula producción.	Toscana-Aparicio y Günther, 2021
Puebla	Café (<i>Coffea arabica</i> L.)	El 44% de los cafetalero tuvieron nulo amarre de frutos, el 25% tuvo nula producción y el 10% variación de los ciclos de producción.	Hernández-Castán y Tapia-Hervet, 2023

Fuente: Elaboración propia

Temperatura

El aumento de temperatura se genera cuando el calor es retenido por la atmosfera de la superficie terrestre hacia el espacio (Ruiz -Corral *et al.*, 2016). De acuerdo con Lobato-Sánchez y Altamirano-del Carmen (2017) los forzamientos pueden ser naturales, como modificaciones en las acciones solares, volcánica y antropogénicas, el incremento de GEI y cambios en actividades superficie, entre otras acciones desde la parte agrícola tienen efectos directos en el suelo, al determinar el momento factible del establecimiento de un cultivo (Caroca-Zapata *et al.*, 216). La temperatura repercute en los procesos fenológicos de las plantas ya que determinan su velocidad en los procesos metabólicos, las temperaturas bajas retrasan su desarrollo, mientras que las altas aceleran o acortan el ciclo de desarrollo vegetativo.



Durante el periodo 2005-2021, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2022) reportó que, para México la temperatura media anual fue de 22 °C, con un promedio de 25.2 °C en la zona sur, hasta temperaturas de 17.6 °C, en la zona centro. Lobato-Sánchez *et al.* (2017) reportan anomalía en el registro de la temperatura de 112 estaciones del país en un periodo de 64 años (1950-2013), de ellas, 84 fueron anomalías positivas (incremento de temperatura) y 28 anormales (bajas temperaturas), el mayor cambio fue de valores entre 1 y 3 °C, el cual se presentó en la zona norte y noroeste del país, consideradas como las regiones más afectadas en ese periodo, seguido por las zonas centro y pacífico, con incrementos entre 1 y 2 °C, y con cambios menores en la costa del Golfo de México, siendo de 1 °C. Por lo que probable para el año 2100 la temperatura global haya aumentado 2° C.

De acuerdo con el IPCC, durante el periodo preindustrial (1850-1900) se generó un incremento en la temperatura de 1.5 °C, estas emisiones de CO₂, seras igualadas a cero para el año 2055, y la obligación radiactiva de diferentes GEI se reduce a partir de 2030. Sin embargo para que sea posible será necesario fortalecer medidas de mitigación a través políticas para disminuir la dispersión de GEI; así mismo, establecer estrategias de adaptación como acción clave para compactar los cambio del clima y aunque ciertos eventos no pueden prevenirse, es necesario monitorear y vigilar eventos meteorológicos e impulsar investigaciones encaminadas a evidenciar el calentamiento global y CC con el objeto de reducir las inseguridad en la toma de decisiones (Bastidas Pacheco y Hernández, 2019; Gómez-Guerrero *et al.*, 2023).

México, por su ubicación geográfica las altas temperaturas son ocasionadas por sistemas de alta presión o anticiclónicos, sumándole los efectos del CC, por lo que a nivel nacional diferentes afectaciones se han generado por la variación de temperatura, lo cual muestra una modificación y alteración en cuanto a los patrones de intensidad, distribución y durabilidad de este fenómeno meteorológico, como resultado diferentes estudios muestran que esta alteración ha afectado diferentes cultivos, siendo los granos básicos como maíz y frijol (cuadro 2).



Tabla 2. Afectaciones por temperatura en cultivos agrícolas.

Estado	Cultivo	Afectación	fuelle
Ciénega de Chapala, Jalisco	Maíz (<i>Zea Mays</i>)	En temperaturas mayores a 38 °C, se obtuvieron afectaciones en etapa de floración-maduración de los granos.	Zarazúa-Villaseñor, 2011
Hermosillo, Sonora	Nogal (<i>Juglans regia</i>)	Entre mayores unidades de calor, hubo incremento de generaciones de Gusano Barrenador de la Nuez de 5.4 a 5.9.	Grageda-Grageda <i>et al.</i> , 2014
Tlachichuca, Puebla	Maíz (<i>Zea mays</i>)	Pérdidas económicas y cosechas por nula formación de grano por heladas.	Ramírez- Huerta <i>et al.</i> , 2017
Valle Yaqui y Valle Mayo, Sonora	Trigo (<i>Triticum durum</i>)	Por temperaturas altas, hubo un ciclo fenológico más lentos, originando bajo rendimiento productivo.	Moreno-Dena <i>et al.</i> , 2020
Los Ríos, Ecuador	Maíz y soja (<i>Zea Mays</i>)	Rendimiento promedio de 5225; 3 076,8 y 1 147 kg ha ⁻¹ en maíz, arroz y soja durante 2017, disminución del rendimiento promedio con una producción de 12 700,8; 8 500 y 3 629 kg ha ⁻¹ para maíz, arroz y soja por altas temperaturas.	González-Orsorio <i>et al.</i> , 2020
Istmo, Sierra Norte, Mixteca y Valle Centrales de Oaxaca	Maíz (<i>Zea mays</i>)	Afectaciones en comunidades por sequía, se encontró a PH ácido en la región Istmo, en Valles Centrales baja CE, CH, MO y CO; valores altos de PO y concentraciones altas de CH en Mixteca y MO y concentraciones altas de CO en la región Sierra Norte.	Méndez-Matías <i>et al.</i> , 2021
Culiacán, Sinaloa	Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	Lento desarrollo del bulbo cuando la temperatura nocturna oscila de 15 °C que cuando la oscilación fue de 5 °C y desarrollo y disminución de rendimiento en 30°C.	López-Urquidez <i>et al.</i> , 2022
Sierra Mazateca de Oaxaca y Cuetzalan Puebla	Café (<i>Coffea arabica</i> L.)	Aumento de plagas y enfermedades; 87% en Mazateca y 92% en Cuetzalan, 71% de sequías en la Mazateca y 61% en Cuetzalan, bajo rendimiento de 30% en promedio.	Jaramillo-Villanueva <i>et al.</i> , 2022

Toluca, Estado de México	Maíz (<i>Zea mays</i>)	Por temperaturas (<4 °C) hubo afectaciones en crecimiento y desarrollo, deficiencia en etapa de floración y llenado de grano.	Jasso-Miranda <i>et al.</i> , 2022
Región Centro-Sur, Chihuahua	Nogal ((<i>Juglans regia</i>))	Disminución de horas frío para la germinación de semillas.	Lucero-López <i>et al.</i> , 2022
Sombrerete, Zacatecas	Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Cambio de semillas criollas por semillas mejoradas (transgénicos).	Cid-Ríos <i>et al.</i> , 2022

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

A nivel mundial el cambio climático ha tenido un impacto relevante en diferentes cultivos agrícolas que contribuyen a la seguridad alimentaria rural. Aunque diferentes tratados y acuerdos enfocados a temas ambientales, económicos y sociales, se han publicado y pactado entre diferentes países para hacer frente al cambio climático, pocos países han generado estrategias para mitigar el fenómeno, por lo que los resultados a nivel global siguen siendo exiguos.

A través del presente estudio se identificó que, en México el cambio climático ha afectado drásticamente diferentes cultivos, entre ellos los granos básicos y algunas especies de árboles frutales, cultivos esenciales por su importancia para la alimentación y contribución a la seguridad alimentaria local.

La precipitación y la temperatura son las variables climáticas que más modificaciones han tenido en cuanto a distribución, intensidad y durabilidad. A través factores como precipitaciones intensas, heladas, sequías y aumento gradual de la temperatura han generando alteraciones en la provisión de agua para la producción de alimentos impactando directamente en los ciclos fenológicos de las plantas y por consiguiente la producción y rendimiento, teniendo déficit de alimentos para solventar las condiciones de alimentación de las familias en el medio rural y urbano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[CONAGUA]. Comisión Nacional del Agua. 2022. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia.

[Consultado (2024) agosto 30]. Disponible en:

<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

Antonio-Bautista J., Antonio-José, A. A., y León-Núñez, M. J. (2017). Efectos socioeconómicos y ambientales de la sobreproducción de Maguey mezcalero en la región del mezcal de Oaxaca, México. *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(4), 635-655. [1
https://doi.org/10.22231/asyd.v14i4.700](https://doi.org/10.22231/asyd.v14i4.700)

Arcos-Navarro, G. (2007). Calentamiento global. *CienciaUAT* 2: 10-14.

Arevalo-Moscoso, R. O. (2018). La industria y sus efectos en el cambio climático global. *RECIAMUC*, 2(2), 595-611. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/2.2.2018.595-611>

Arroyo, M. y Ramírez-Monroy, A. (2020). Dióxido de carbono, sus dos caras. *Anales de Química de la RSEQ*, 116(2), 81-81.

Barrios-Gómez., E. J., López-Castañeda, C. y Kohashi-Shibata, J. (2011). Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo “Flor de Mayo”. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 131-145.

Bastidas-Pacheco., G. A. y Hernández, R. (2019). Cambio climático algunos aspectos a considerar para la supervivencia del ser vivo: revisión sistemática de la literatura. *Revista Cuidarte*, 10(3), e664. <https://doi.org/10.15649/cuidarte.v10i3.664>

Béjar-Pulido., S. J., Cantú-Silva, I., Domínguez-Gómez, T. G., González-Rodríguez, H., Marmolejo-Monciváis, J. G., Yáñez-Díaz, M. I. y Luna-Robles, E. O. (2018). Redistribución de la precipitación y aporte de nutrimentos en *Pinus cooperi* C.E. Blanco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 94-120. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.237>

Bocco, G., Solís-Castillo, B., Orozco-Ramírez, Q. y Ortega-Iturriaga, A. (2019). La agricultura en terrazas en la adaptación a la variabilidad climática en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Journal of Latin American Geography*, 18(1), 141-168. <http://doi.org/10.1353/lag.2019.0006>



- Caballero-Gutiérrez, P. U., Carrillo-Rodríguez, J. C., Gómez-Ugalde, R. M. y Jerez-Salas, M. P. 2010. Presencia de arsénico en pozos y en cultivos de Oaxaca, México. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 177-184. <https://doi.org/10.15517/am.v21i1.4923>
- Cárdenas-Salgado, G., Li-Ng J. y Serrano, C. (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero y acciones de mitigación y adaptación. México, D. F. 20 p.
- Caroca, R., Zapata, N. y Vargas, M., (2016). Temperature effect on the germination of four peanut genotypes (*Arachis hypogaea* L.). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), 94-101. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000200002>
- Carrera-Villacrés, D. V., Guevara-García, P. V., Tamayo-Bacacela, L. C., Balarezo-Aguilar, A. L., Narváez-Rivera, C. A. y Morucho-López, D. R. (2016). Filling series annual meteorological data by statistical methods in the coastal zone from Ecuador and Andes, and calculation of rainfall. *Idesia (Arica)*, 34(3), 81-90. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300010>
- Chiabai, A., Quiroga, S., Martinez-Juarez, P., Higgins, S. y Taylor, T. (2018). The nexus between climate change, ecosystem services and human health: Towards a conceptual framework. *Sci Total Environ* 635(1), 1191-204. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.323>
- Cid-Ríos, J. A., Reveles-Hernández, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A. y Ramírez-Cabra, N. (2022). Typification of PRODETER bean producers to help climate change in Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(4), 741-748. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2797>
- Díaz-Cordero, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, 37(2), 227-240. <https://doi.org/10.22206/cys.2012.v37i2.pp227-240>
- Dupigny-Giroux, L. A. (2017). "Climate Literacy", en Douglas Richardson, Noel Castree, Michael Goodchild, Audrey Kobayashi, Weidong Liu y Richard Marston (eds.). *The International Encyclopedia of Geography*, John Wiley & Sons, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1002/9781118786352.wbieg0214>
- Espejel-Rodríguez, A. y Flores-Hernández, A. (2015). Conocimiento y percepción del calentamiento global en jóvenes del bachillerato, Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6), 1277-1290.



- Gallardo-Ballat, Y. y Brown-Manrique, O. (2016). Estimating the economic impact of agricultural drought in maize crop. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 16(1), 53-58.
- Gamboa-Bernal, G. A. (2015). Los objetivos de desarrollo sostenible: una perspectiva bioética. *Persona y Bioética*, 19(2), 175-181. <https://doi.org/10.5294/pebi.2015.19.2.1>
- García-Fernández, C. (2011). El cambio climático: Los aspectos científicos y económicos más relevantes Nómadas. *Critical Journal of Social and Juridical Sciences*, 32(4), 2011. https://doi.org/10.5209/rev_NOMA.2011.v32.n4.38052
- García-Maldonado, E. (2022). Análisis de las causas de la migración en el contexto del cambio climático según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: Determinismo climático e ideología. *Revista de El Colegio de San Luis*, 12(23), 1-32. <https://doi.org/10.21696/rcsl122320221349>
- García-Vinuesa, A., Bello-Benavides, L. O. y Iglesias-da Cunha, M. L. (2020). Desigualdades de género en la educación para el cambio climático. Estudio de caso: México y España. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25(87), 1013-104.
- Ghil, M, Allen., Dettinger, M. R., Ide K, M. D., Kondrashov, D., Mann, M. E. y Yiou P. (2002). Advanced spectral methods for climatic time series. *Reviews of Geophysics*, 40(1), 3-1. <https://doi.org/10.1029/2000RG000092>
- Gómez-Guerrero, A., Correa-Díaz, A. y Castruita-Esparza, L. U. (2021). Cambio climático y dinámica de los ecosistemas forestales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 673-682. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.673>
- González-Martínez, S. L., García, S., José, T., Ávila-Meléndez., L. A., Moncayo-Estrada, R., Cruz-Cárdenas, G. y Ceja-Torres, L. F. (2017). El fenómeno de cambio climático en la percepción de la comunidad indígena purépecha del municipio de Chilchota, Michoacán, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 641-653. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.04.08>
- González-Osorio BB, Barragán-Monrroy R, Simba-Ochoa L. y Rivero-Herrada M. (2020). Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Revista Centro Agrícola*, 47(4), 54-64.



- Grageda-Grageda, J., Ruiz-Corral, J. A., Jiménez-Lagunes, A. y Fu-Castillo, A. A., (2014). Influencia del cambio climático en el desarrollo de plagas y enfermedades de cultivos en Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(10), 1913-1921. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i10.1026>
- Granados-Ramírez, R. y Longar-Blanco, M. D. P. (2008). Variabilidad pluvial, agricultura y marginación en el estado de Michoacán. *Revista Análisis Económico*, 23(54), 283-303.
- Guajardo-Panes., R. A., Granados-Ramírez, G. R., Sánchez-Cohen, I., Barradas-Miranda, V. L., Gómez-Rojas, J. C. y Díaz-Padilla, G. (2018). Rendimientos de maíz (*Zea mays* L.) en escenarios de cambio climático en la región de La Antigua, Veracruz-México. *Revista Agrociencia*, 52(5), 725-739
- Guhl, A. (2008). Aspectos éticos del calentamiento global. Colombia. *Revista Latinoam. Bioética*, 8(2), 20-29.
- Hernández-Castán, J. y Tapia-Hervert, C. G. (2023). Perception of climate change effects and adaptability practices of the coffee growers from Puebla, México. *Revista Bio Ciencias*, 10(2023), e1419. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1419>
- Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S. y Bustamante-González, A. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1), e3170. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170>
- Jasso-Miranda, M., Soria-Ruiz, J. y Antonio-Némiga, X. (2022). Pérdida de superficies cultivadas de maíz de temporal por efecto de heladas en el valle de Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 207-222. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2587>
- Lobato-Sánchez, R. y Altamirano-del Carmen, M. A. (2017). Detección de la tendencia local del cambio de la temperatura en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 8(6), 101-116. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-06-07>
- López-Feldman, A. J. y Hernández-Cortés, 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-Hernández, M. B., López-Castañeda, C., Kohashi-Shibata, J., Miranda-Colín, S., Barrios-Gómez, E. J. y Martínez-Rueda, C. G. (2018). Tolerancia a sequía y calor en arroz (*Oryza sativa*). *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), 373-385. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1558>.
- López-Urquidez, G. A., Cordero-Armenta, J. C., Martínez-Campos, A. R., Edeza-Urías, J. A., Tirado-Ramírez, M.A. y López-Orona, C. A. (2021). Efecto de la oscilación térmica en la calidad y rendimiento de cebolla blanca en el Valle de Culiacán, Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 671-684. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2678>
- Lucero-López, C. Y., Castruita-Esparza, L. U., Legarreta-González, M. A., Olivas -García, J. M., Uranga-Valencia, L. P. y Lujan-Álvarez, C. (2022). Impacto del cambio climático en la agricultura del Distrito de Riego 005 Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(6), 1003-1014. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.2881>
- Luna-Nemecio, J. (2019). Calentamiento global y conflictividad sociohídrica ante el colapso ambiental del estado de Morelos, México. *Revista Latinoamericana de Estudiantes de Geografía*, 6(2019), 74-84.
- Méndez-Matías, A. M., Robles, C. y Cuevas, L. H. (2021). Hongos micorrizógenos arbusculares asociados con el cultivo de maíz en regiones con sequía en Oaxaca. *Revista Agrociencia*, 55(1), 19-35. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i1.2345>
- Monterroso, A. y Conde, C. (2015). Exposure to climate and climatechange in Mexico. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(4), 272-288. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.847867>
- Moreno-Dena, J. M., Salazar-Solano, V. y Rojas-Rodríguez, I. S. (2018). Impactos económicos de las horas frío en la producción de trigo en Sonora, México. *Revista Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 6(16), 15-29. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2018.16.63206>
- Muñoz-Vizhñay, J. P., Rojas-Moncayo, M. V. y Barreto-Calle, C. R. (2018). Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador. Ingenius. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 19(2018), 60-68.



- Olivo, M. D. L. y Soto-Olivo, A. (2010.) Comportamiento de los gases de efecto invernadero y las temperaturas atmosféricas con sus escenarios de incremento potencial. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 14(57), 221-230
- Olmos-Martínez, E., González-Ávila, M. E., y Contreras-Loera, M. R. (2013). Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México. *Revista Universidad Bolivariana*, 12(35), 1-17. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-65682013000200020>
- Orosco-Bolaños, H., Hernández-Vázquez, H., García-Juárez, G. y Suárez-González, G. (2019). Cambio climático: una percepción de los productores de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala, México. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 8(16), 1-26. <https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.89>
- Paterson, P. (2017). Calentamiento global y cambio climático en Sudamérica. *Revista Política y Estrategia* 130(2017), 153-188. <https://doi.org/10.26797/rpye.v0i130.133>
- Ramírez-Huerta, M., Juárez-Sánchez, J. P., Ramírez-Valverde, B. y Figueroa-Sterquel, R. A. (2017). Política agrícola y desastres agrícolas: Análisis del impacto de siniestros en la producción de maíz de temporal en el municipio Tlachichuca, Puebla, México. *Revista De El Colegio De San Luis*, 7(14), 15–45. <https://doi.org/10.21696/rcsl7142017678>
- Rodríguez, S. L. (2007). protocolo de kyoto: debate sobre ambiente y desarrollo en las discusiones sobre cambio climático. *Revista Gestión y Ambiente*, 10: 119-128
- Ruiz-Corral, J. A., Medina-García, G., Rodríguez-Moreno, V. C., Sánchez-González, J. J., Villavicencio-García, R., Durán-Puga, N., Grageda-Grageda, J. y García-Romero, G. E. (2016). Regionalización del cambio climático en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(13), 2451-2464. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i13.460>
- Salas-Castelo, E, y Maldonado, E. S. (2020). Breve historia de la ciencia del cambio climático y la respuesta política global: un análisis contextual/Brief history of climate change science and global political response: a context analysis. *KnE Engineering*, 717-738.
- Santos, R. M., y Bakhshoodeh R. (2021). Climate change/global warming/climate emergency versus general climate research: comparative bibliometric trends of publications. *Heliyon*, 7(11), e08219. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08219>



- Saynes-Santillán, V., Etchevers-Barra, J. D., Paz-Pellat, F. y Alvarado-Cárdenas, L. O., (2016). Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Revista Terra Latinoamericana*, 34(1), 83-96.
- Toscana-Aparicio, A. y Günther, M. G. (2021). La sequía de 2019 en localidades cañeras del norte de Oaxaca. Vulnerabilidad, prevención, adaptación y mitigación. Estudios sociales. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 31(57), e211076.
<https://doi.org/10.24836/es.v31i57.1076>
- Valencia-Hernández, J. G., Aguirre-Fajardo, A. M. y Ríos-Sarmiento, M. (2015). Desafíos de la justicia ambiental y el acceso a la justicia ambiental en el desplazamiento ambiental por efectos asociados al cambio climático. *Revista Luna Azul*, 1(41), 323-347.
<http://dx.doi.org/10.17151/luaz.2015.41.18>
- Yue, X. L. y GAO, Q. X. (2018). Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas emissions. *Advances in Climate Change Research*, 9(4), 243-252.
<https://doi.org/10.1016/j.accre.2018.12.003>.
- Zarazúa-Villaseñor, P., Ruiz-Corral, J. A., González-Eguiarte, D. R., Flores-López, H. E. y Ron-Parra, J. (2011). Impactos del cambio climático sobre la agroclimatología del maíz en Ciénega de Chapala, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(2), 351-363.

