Escasez hídrica en la agricultura como impacto del cambio climático en Zacatecas, México, 2000-2022

Federico Guzmán-López[1*], María del Rocío Guerrero-Medina[2] y Roxana Yasmín Durán-Sosa[3]

[1] *Universidad Internacional Ignacio Castro Pérez. Guadalupe, Zac., 98600, México*
[2] *Maestría en Estudio y Solución de Problemas Públicos, Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, Zac., 98000, México*
[3] *Escuela de Administración, Universidad Nacional Costa Rica. Heredia, 40101, Costa Rica*

Artículo recibido el 31 de julio y aceptado el 30 de agosto de 2024

Water scarcity in agriculture as an impact of climate change in Zacatecas, Mexico, 2000-2022.

Abstract

This study aims to demonstrate that the increase in average annual temperature and the decrease in average yearly rainfall are vital signs of climate change, which have unfavorably impacted food production, expressed in the reduction of the area of land planted annually in Zacatecas. Methods: A mapping of the available literature and official databases was carried out, as well as a correlational analysis between the variables climate temperature and average annual rainfall to demonstrate that both have affected climate change in the State of Zacatecas, Mexico, during the period 2000-2022. The results are expressed in five trends: An increase in average annual temperature and the value of agricultural production in addition to the decrease in average yearly rainfall, planted agricultural area, and food poverty. Conclusion. In Zacatecas, climate change impacts food production, the scarcity of drinking water, and the reduction of areas intended for cultivation. Likewise, an increase in cases of socio-environmental conflicts in this State stands out.

Key words: Water, food, global warming, rainfall, temperature.

Resumen

Este estudio pretende demostrar que el incremento de la temperatura media anual y la disminución de la precipitación media anual son signos vitales del cambio climático, que han impactado desfavorablemente la producción de alimentos, expresada en la reducción de la superficie de tierra sembrada anualmente en Zacatecas. Métodos: Se realizó un mapeo de la bibliografía disponible y bases de datos oficiales, así como un análisis correlacional entre las variables temperatura climática y precipitación media anual para demostrar que ambas han incidido en el cambio climático en el Estado de Zacatecas, México, durante el periodo 2000-2022. Los resultados se expresan en cinco tendencias: aumento de temperatura media anual y del valor de producción agrícola además de la disminución de precipitación media anual, la superficie agrícola sembrada y la pobreza alimentaria. Conclusión. En Zacatecas el cambio climático impacta la producción de alimentos, la escasez de agua potable y la reducción de las superficies destinadas al cultivo. Asimismo, destaca un incremento de los casos de conflictos socioambientales en este Estado.

Palabras claves: Agua, alimentación, calentamiento global, precipitación pluvial, temperatura.

*Autor de correspondencia
Email: federic7bcm@gmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

Introducción

El cambio climático en relación con la cuestión alimentaria y la disponibilidad de agua se convierte en un tema de relevancia mundial, nacional y regional, mismo que en el Estado de Zacatecas, resulta poco analizado por los especialistas en materia ambiental e investigadores del campo de las ciencias sociales.

En el caso del Estado de Zacatecas, según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), la carencia social por acceso a la alimentación durante el año 2008 afectó a 291 400 personas, cifra equivalente al 19.4 % de la población zacatecana y para el año 2022 disminuyó a 273 100 personas, cifra equivalente al 16.6 % de la población de la entidad (CONEVAL, 2018 y 2022).

Al comparar los datos sobre la población con carencia por acceso a la alimentación por entidad federativa, observamos que el Estado de Zacatecas se ubicó en el lugar número 18 entre los que tienen más porcentaje de población con carencia de acceso a la alimentación durante el año 2022.

Desde el enfoque de la ecología política y la economía ecológica, este análisis es relevante ya que contribuye al estudio de las tendencias globales socioambientales en el contexto del cambio climático, como referente para explicar la dinámica de la escasez de agua en el Estado de Zacatecas, a partir del rol que cumple la entidad en la cadena de suministro de los alimentos.

El objetivo de este estudio consiste en demostrar que tanto el aumento de la temperatura promedio anual como la disminución de la precipitación pluvial promedio anual son signos vitales del cambio climático; los cuales han impactado desfavorablemente la producción de alimentos, expresada en la reducción de la superficie de tierras sembradas anualmente en Zacatecas.

El análisis se ubica en un contexto global marcado por la mercantilización de los recursos naturales, que están pasando de manos de las comunidades y pueblos originarios para beneficiar intereses corporativos del capital privado transnacional. Dicha dinámica cobró mayor intensidad con los mecanismos de apertura comercial que se registraron a lo largo de las últimas tres décadas con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), establecido entre Canadá, Estados Unidos de América y México durante el año de 1994, el cual fue renegociado en el año 2020 bajo la figura de Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC).

Esta temática también resulta de relevancia su estudio porque los impactos del calentamiento global son notorios en América Latina y recientemente aumentan las afectaciones relacionadas con la salud de la humanidad, a la par de los desastres naturales (Barboza, 2013). De los factores que plantea el Banco Mundial como principales manifestaciones del cambio climático a las inundaciones, las sequías y los aumentos de la temperatura, son estos últimos dos los que más afectan al desarrollo del Estado de Zacatecas en lo general y específicamente a la producción agrícola (Banco Mundial, 2020).

Uno de los elementos vitales de la problemática de escasez de agua y la producción agrícola, de acuerdo con el Atlas de Justicia Ambiental (EJAtlas), al 31 de julio de 2024 a nivel global había registrados 4 155 conflictos socioambientales, de los cuales 287 correspondían a México, equivalente al 6.9 %. La distribución geográfica por entidad federativa nos indica que en el Estado de Zacatecas se cuenta con 14 conflictos de justicia ambiental, cantidad que equivale al 4.8 % del total registrado en el país. Además de destacar que, de ese total de conflictos tres se relacionan directamente con el recurso hídrico, el primero el caso de la represa Milpillas, como medida para suministrar agua a la zona metropolitana Zacatecas-Fresnillo, cuyo impacto se reflejaría en afectaciones a los ejidatarios y pobladores del Municipio de Jiménez del Teul, quienes durante el mes de septiembre del año 2018, organizaron una asamblea ciudadana, acompañados por un colectivo de ambientalistas del Movimiento Mexicano de Afectados por Represas y en Defensa de los Ríos (MAPDER) y la Red Mexicana de Afectados por la Minería (REMA). El segundo está relacionado con el despojo de agua potable en la zona conurbada Zacatecas-Guadalupe, donde los 361 347 habitantes se han visto afectados. Mientras que el tercero se refiere a la contaminación biológica por cianotoxinas en el Lago La Encantada, en la ciudad de Zacatecas (INEGI, 2021). De los 11 conflictos restantes todos tienen afectaciones directas para la calidad y disponibilidad de agua, tanto para la producción de alimentos como para el consumo humano, como el conflicto por residuos industriales en Nuevo Mercurio, Mazapil, Zacatecas, que implicó contaminación de suelos y de fuentes de agua superficial y subterránea; así como los conflictos mineros, por la cantidad de agua que consumen las unidades mineras y la contaminación de fuentes de agua por el proceso de lixiviación de los minerales (EJAtlas, 2024).

Entre los principales estudios que analizaron el nexo entre escasez hídrica y la producción agrícola en el contexto del cambio climático para el caso de Zacatecas, destacan los de García *et al*. (2021), enfocados a realizar estimaciones sobre la demanda de agua para los principales cultivos en la entidad zacatecana: frijol, maíz, chile, ajo y alfalfa en una perspectiva de largo plazo hacia el año 2070. Mediante dicho estudio, los autores mencionados estimaron un incremento entre 50.2 y 190.6 milímetros de uso consuntivo de agua y por tanto una tendencia creciente en cuanto a la demanda de agua, para satisfacer los requerimientos para dichos cultivos.

Por ello, también resulta relevante contextualizar lo que se está impulsando por el gobierno mexicano en el Programa de Seguridad Alimentaria, cuyo propósito se orienta al combate a la pobreza en sus diversas modalidades, especialmente acabar con el hambre, que se traduce en garantizar la soberanía, autosuficiencia y la seguridad alimentaria, para hacer válido el derecho humano a la alimentación nutritiva y abundante (Gobierno de México, 2020).

Por su parte se destaca que la producción agrícola en el Estado de Zacatecas se abastece principalmente de fuentes de agua subterránea (Carrillo *et al.,* 2021), lo que ha ocasionado la sobreexplotación de la mayoría de los acuíferos de la entidad (Hernández *et al*., 2012).

Además de considerar que en el Estado de Zacatecas teníamos la cantidad de 1 707 935 211 metros cúbicos que representa el 100 % de la cantidad del volumen de aguas subterráneas y superficiales concesionadas por la CONAGUA durante el año 2022, de las cuales se tenían asignadas para distintos usos, predominando el agrícola que alcanzó el 81.8 % del total, posteriormente en proporción de consumo le siguió el público urbano con el 10.3 %, industrial el 3.8 %, múltiples el 3.5 % y pecuario el 0.2 % (CONAGUA, 2022a).

Medina *et al*. (2017), presentaron un estudio cuantitativo en la zona productora de durazno, el cual mediante un análisis retrospectivo desde el año 2011 con índices de cambio climático, llevaron a cabo una estimación prospectiva del clima hacia el año 2060 a partir de una propuesta de cinco escenarios posibles.

En el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el investigador Jorge López Blanco, en su conferencia magistral en la 23 Semana Nacional de Ciencia y Tecnología, mencionó que Zacatecas ha sido de las entidades más afectadas por el cambio climático, reflejándose en el incremento de heladas, granizadas y sequías (ZHN Zacatecas Hoy, 2016).

El estudio se compone de tres apartados, el primero aborda los antecedentes acerca de lo que otros autores han estudiado sobre la agricultura en el Estado de Zacatecas y su relación con el cambio climático.

En el segundo se expresan los signos vitales del cambio climático a partir de las tendencias en cuanto al comportamiento en el nivel de precipitación pluvial promedio anual y la temperatura promedio anual en el Estado de Zacatecas.

En el tercero se refiere a los efectos que ha implicado la combinación de incremento en la temperatura promedio anual y la sequía en los diferentes cultivos del Estado, cuyo efecto se manifestó en la reducción de la precipitación pluvial, que a su vez se vio reflejada en una menor superficie de tierras dedicadas a la agricultura.

En cuanto a las conclusiones se destaca que los principales rasgos distintivos en el vínculo agricultura, escasez de agua y cambio climático, es su incidencia en el comportamiento de indicadores relacionados con el desarrollo en Zacatecas, expresados también en los 14 conflictos socioambientales documentados en el Atlas de Justicia Ambiental, de los cuales tres son referentes al tema del agua. También se mencionan algunos posibles temas de estudio en futuros proyectos de investigación que de manera integral incorporen el análisis de la problemática económica, social y ambiental vinculados a la cuestión alimentaria en la entidad zacatecana.

Materiales y métodos

Teoría

La fundamentación teórica del análisis considera los elementos centrales de la ecología política, según Martínez (2005), debido a que ayuda a describir y explicar la dinámica extractivista de valorización del capital privado que ocurre actualmente con el agua, los alimentos y los minerales, a través de un proceso de injusticia ambiental. También se incorpora el concepto de cambio climático, de acuerdo con Rivas *et al*. (2017), la primera persona que utilizó este concepto fue "Wallace S. Broecker en 1975, al publicar un artículo denominado "Climate change: are we on the brink of pronounced global warming (cambio climático: ¿estamos al borde de un calentamiento global pronunciado?". Según Vide (2009), el cambio climático se debe comprender como un fenómeno que además del

incremento de la temperatura del aire cercano a la superficie terrestre, implica otras variaciones al sistema climático, como ocurre con la disminución o aumento de precipitación pluvial en distintas regiones, así como el descongelamiento de los glaciares. Además de que dicho autor sugiere que el cambio climático se engloba en un concepto más amplio que denomina cambio global, mismo que comprende el propio cambio climático, la pérdida de biodiversidad, así como las transformaciones en el uso del suelo y el agujero en la capa de ozono.

Por su parte, el fenómeno de la escasez de agua potable de acuerdo con Riveros (2015), en términos socioambientales, más que visibilizarse como una coyuntura de emergencia que enfrenta algún grupo de población ante el desabasto del vital líquido, corresponde a una situación permanente, que va más allá de un ciclo de corto plazo, ligado a las estaciones del año, sino más bien se debería visibilizar como un problema estructural, donde entra en juego la escasez, ante la mercantilización del agua vista como materia prima, que en la lógica neoliberal dominante en el mercado el agua sirve más para saciar la sed de ganancias del capital privado transnacional que para satisfacer el derecho humano al agua de la población. Por tanto, el agua, ante el incremento de la frontera agrícola, de acuerdo con Steimbreger *et al*. (2003), entendida como la expansión del capital privado a gran escala, abarcando grandes extensiones de tierra, con procesos de producción de alimentos con tecnología moderna, en la modalidad de monocultivo, destinado principalmente para el mercado, se convirtió en una materia prima, donde actualmente la mayor cantidad de agua que se consume por sector productivo es en la agricultura.

Métodos

El estudio se soporta con información empírica recabada durante los años 2023 y 2024, proveniente tanto de fuentes bibliográficas y hemerográficas que se encuentran en las instituciones y organismos internacionales, entre las que destacan del plano internacional el Atlas de Justicia Ambiental y del ámbito nacional la Secretaría de Economía, la CONAGUA, el CONEVAL y el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del Gobierno de México, respectivamente; así como el Gobierno del Estado de Zacatecas.

El uso de la estadística descriptiva se convirtió en una herramienta para dar cuenta de las tendencias en relación a tres temas claves de lo que acontece actualmente en el Estado de Zacatecas en relación a: los signos vitales del cambio climático, efectos de dicho fenómeno natural en la agricultura y la cuestión alimentaria en el Estado de Zacatecas.

La información recopilada en el SIAP permitió dar cuenta del rol que desempeña la actividad productiva de la agricultura en la economía zacatecana, en primera instancia es de mencionar que de acuerdo con la cifra de 1 157 673.06 hectáreas de superficie agrícola sembrada durante el año 2022 alcanzó un valor de la producción por un monto de $27 290 160.24 miles de pesos mexicanos, ubicándose en el décimo lugar a nivel nacional entre las 32 entidades federativas, el área cultivada fue de 1 143 383.15 hectáreas, equivalente al 14.9 % del territorio estatal (SIAP, 2022).

En el estudio realizado por Ibarra, *et al.* (2021), en el territorio Indígena Huichol, localizado en los límites del Estado de Zacatecas con las entidades federativas de Durango, Jalisco y Nayarit, se determinó que el cambio climático deviene de la variación en el uso de suelo y vegetación derivando en la pérdida de cobertura boscosa del terreno, como principal hallazgo, algo muy similar sucede en general a nivel nacional, siendo una de las principales causas de deterioro ambiental.

En este sentido Echevarría *et al*. (2020), analizaron los efectos en la erosión hídrica del suelo en pastizales y otros tipos de vegetación por cambios en el patrón de lluvias por el calentamiento global en Zacatecas, México, con hallazgos encontrados de impactos negativos en la seguridad alimentaria.

De acuerdo con información de la Secretaría de Economía, el Estado de Zacatecas se localiza en el centro-norte de México y abarca una superficie territorial de 75 284 km2, el clima predominante en el 73 % del territorio de la entidad es seco y semiseco (Secretaría de Economía, 2015). Asimismo, de acuerdo con Pita y Ortega (2019), se tiene un registro de temperatura media anual de 17 ºC, temperatura máxima de 30 ºC durante el mes de mayo y una mínima promedio de tres grados centígrados durante el mes de enero y la precipitación pluvial media anual es de 510 milímetros.

Resultados y discusión

Los datos de carencia por acceso a la alimentación en la entidad zacatecana según el CONEVAL durante los últimos 12 años, han registrado una tendencia a la baja de acuerdo al indicador de pobreza por carencia alimentaria durante el periodo 2010-2022. Dicha problemática se puede verificar con los registros del año 2010, donde un total de 376 576 personas, equivalente al 24.9 % carecían de

alimentos, mientras que durante el año 2015 se contaba con 316 241 zacatecanos en esa condición, que representó al 20 % del total de la población de la entidad y para el año 2022 la cifra fue de 273 100 habitantes, que en términos relativos equivalió al 16.6 % de la población zacatecana (CONEVAL, 2022).

Para los propósitos del presente estudio se plantea la postura siguiente:

Respecto a las afectaciones del cambio climático sobre la agricultura en el Estado de Zacatecas de acuerdo con la CONAGUA se derivan principalmente del aumento de la temperatura promedio anual y de la disminución de la precipitación pluvial promedio anual (CONAGUA, 2020a). Lo que según el SIAP a su vez ha impactado productivamente en la caída de la superficie de tierras que se dedican año con año a esta actividad y también en vulnerar el derecho humano a la alimentación, que actualmente afecta a cerca de dos de cada diez habitantes de la entidad zacatecana (SIAP, 2022).

En virtud de lo anterior, los dos hallazgos son:

a) Existe una tendencia marcada de aumento en la temperatura promedio anual durante los últimos años, además de que cada vez se tienen más días con temperaturas más altas.

b) Con relación a la precipitación pluvial promedio anual, se observa una disminución importante en la cantidad de lluvia que se presenta en el territorio zacatecano.

Esa combinación de factores ha dado como resultado el incremento de sequías más prologadas en el tiempo y que afectan cada vez una mayor superficie del territorio zacatecano. Esta problemática en conjunto se traduce en complicaciones en la producción de alimentos y por tanto en que una importante proporción de población de la entidad no tenga plenamente asegurados los derechos humanos al agua y a la alimentación.

Antecedentes

En un estudio de Ibarra *et al*. (2021), realizado en el territorio indígena huichol, localizado en los límites del Estado de Zacatecas con Durango, Jalisco y Nayarit para analizar detalladamente el cambio climático en relación al uso de suelo y vegetación derivado del cambio en la cobertura del terreno, cuyo principal hallazgo fue que al igual que ocurre en los estados mencionados, algo muy similar sucede en general a nivel nacional, siendo una de las principales causas de deterioro ambiental. En dicho estudio también concluyeron que para el año 2040 será más sensible a esto derivado del aumento de temperatura y la disminución de precipitaciones pluviales.

En este sentido Echevarría *et al*. (2020), en su estudio respecto a los efectos en la erosión hídrica del suelo en pastizales y otros tipos de vegetación por cambios en el patrón de lluvias por el calentamiento global en Zacatecas, México, mencionaron que: “Existe gran incertidumbre sobre los efectos que el cambio climático provocará en las actividades productivas, esto debido a que dichas actividades y en consecuencia la seguridad alimentaria, dependen de las precipitaciones pluviales. Sin embargo, indicadores como la erosión hídrica pudieran no ser del interés general, sobre todo, aquellos indicadores que no son medidos de manera rutinaria y cuyos efectos, por presentarse permanentemente, no son fácilmente perceptibles. […] En este sentido es importante evaluar el efecto del cambio climático sobre los niveles de erosión hídrica en las áreas de pastizal y otros tipos de vegetación”. (Echevarría *et al*., 2020: 64-65).

Actualmente a escala global la mayoría de las personas que habitamos el planeta tierra hemos leído información acerca del cambio climático y sus efectos, ya sea a través de publicaciones de investigación o de divulgación científica como: revistas y libros, así como en la prensa. Sin embargo, sobre el tema del cambio climático de acuerdo con Rivas *et al*. (2017), la primera persona que utilizó este concepto fue “Wallace S. Broecker en 1975, al publicar un artículo denominado “Climate change: are we on the brink of pronounced global warming (cambio climático: ¿estamos al borde de un calentamiento global pronunciado?” (Rivas *et al*., 2017:73).

En un planeta los principales factores que influyen en configurar el clima global son: la distancia respecto al sol, masa total y la composición atmosférica. Tomando en cuenta esos tres factores, se prevé que la temperatura media del planeta tierra sería cercana a los -18 grados centígrados. Sin embargo, la realidad nos indica que la temperatura media anual de la tierra es de 33 grados centígrados (González, *et al*., 2003:377).

El fenómeno del cambio climático ha sido visto en la sociedad contemporánea como uno de los más graves problemas que afectan a la humanidad, un tema que ha cobrado relevancia especialmente durante las recientes décadas, hasta convertirse en una amenaza directa que ha puesto en riesgo la sobrevivencia de varias comunidades de humanos y a otras especies animales y vegetales.

Asimismo, otros autores mencionan que: “El

cambio climático que se experimenta en la actualidad es un fenómeno provocado total o parcialmente por el aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente CO_2 emitido por actividades humanas" (González *et al*., 2003:383).

Algunas de las señales que dan cuenta que algo grave está pasando en nuestro planeta son principalmente: el aumento en el nivel del mar vinculado estrechamente al deshielo de los glaciares, el incremento de las temperaturas, distribución inequitativa de agua, ya que en algunas regiones del mundo prevalece la abundancia de lluvias en contraste, mientras que en otras regiones predomina la sequía (Pardo, 2007:1).

En esta ocasión nos ocuparemos de entender un poco más a profundidad el cambio de temperaturas y sus afectaciones en la entidad zacatecana durante las dos últimas décadas.

De acuerdo con información de la Secretaría de Economía, el Estado de Zacatecas se localiza en el centro-norte de México y abarca una superficie territorial de 75 284 km^2, el clima predominante en el 73 % del territorio de la entidad es seco y semiseco. Asimismo, tenemos un registro de temperatura media anual de 17 grados centígrados, temperatura máxima de 30 grados centígrados durante el mes de mayo y una mínima promedio de tres grados centígrados durante el mes de enero (Secretaría de Economía, 2015:3). Asimismo, la precipitación pluvial media anual es de 510 milímetros (Pita y Ortega, 2019:2).

Diversas actividades productivas como la agricultura y ganadería causan mayores perjuicios en menos tiempo; el agua residual, los insumos utilizados y la producción obtenida en dichas actividades, con el aumento de calor se evapora, generando contaminación al aire y nubes que derivan en lluvia ácida, que sumado al cambio de uso del suelo ha ocasionado la deforestación, para ampliar la superficie de tierras dedicadas a la agricultura y a la ganadería, así como producción del sector industrial, inmobiliario e infraestructura (Rivas *et al*., 2017:74). Otros tipos de emisores de dióxido de carbono, que también contribuyen al incremento de la temperatura son la contaminación por fuentes de energía eléctrica.

Principales signos vitales de los efectos del cambio climático en el estado de Zacatecas

Los impactos del cambio climático en el Estado de Zacatecas se reflejaron en el aumento de la temperatura promedio anual y en la disminución de la precipitación pluvial promedio anual, dicha problemática se logró corroborar con los datos de la CONAGUA durante los últimos 23 años correspondientes al periodo 2000-2022 en el Estado de Zacatecas (ver gráficas 1 y 2).

Los datos de la gráfica anterior indican que durante el periodo 2000-2022 las temperaturas mínima, media y máxima en el Estado de Zacatecas registraron un incremento de 0.9, 1 y 1.1 grados centígrados, respectivamente, debido a que la temperatura mínima en el año 2000 alcanzó 8.0 grados centígrados, elevándose a 9.1 grados centígrados durante el año 2022, lo que significó un aumento del 13.7 % durante dicho periodo. En la temperatura media respecto al año 2000 con 17.3 grados centígrados aumentando a 18.3 grados centígrados en el año 2022, lo que representó un aumento del 5.8 %. Mientras que la temperatura máxima durante el año 2000 fue de 26.7 grados centígrados y aumentó a 27.6 grados centígrados durante el año 2022, lo que representó un aumento del 3.4 % en el periodo señalado (CONAGUA, 2022b).

Estos datos están muy relacionados con lo que sucedió como tendencia a nivel nacional, de acuerdo con las cifras de CONAGUA, en donde indica un aumento en la temperatura máxima de 1.1 grados centígrados, equivalente al 3.8 % en el mismo periodo de tiempo 2000-2022 (CONAGUA, 2022b).

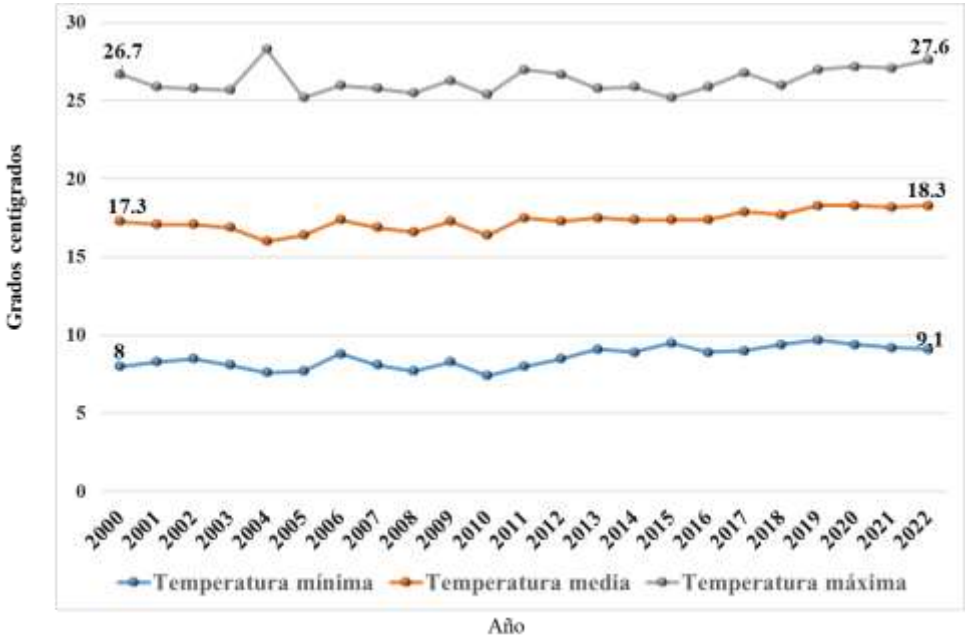
Asimismo, las afectaciones registradas por el cambio climático en el territorio zacatecano también se expresaron en sequías, derivado de la disminución de las precipitaciones pluviales, generando que la agricultura en el Estado se vea realmente afectada.

Las cifras de la gráfica anterior, muestran que la precipitación pluvial promedio anual durante el periodo de 2000-2022 se redujo 128.3 milímetros, equivalente a un 26 % acumulado de disminución, ya que durante el año 2000 registró 492.7 milímetros de precipitación promedio anual y para el 2022 únicamente alcanzó la cifra de 364.4 milímetros de lluvia en el Estado de Zacatecas (CONAGUA, 2022b).

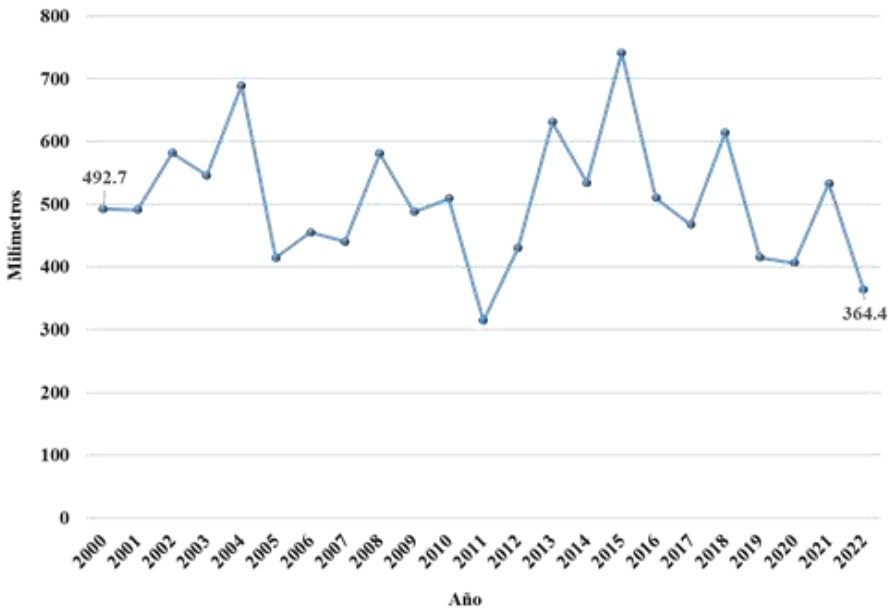
Efectos del cambio climático en la agricultura del Estado de Zacatecas

Otro de los aspectos en los que influye el cambio climático en el Estado de Zacatecas se reflejó en la disminución de la superficie agrícola sembrada como se observó en las últimas dos décadas (ver gráfica 3).

En la gráfica anterior el SIAP en su Anuario Estadístico de Producción Agrícola 2022**,** *Ciclo***:**

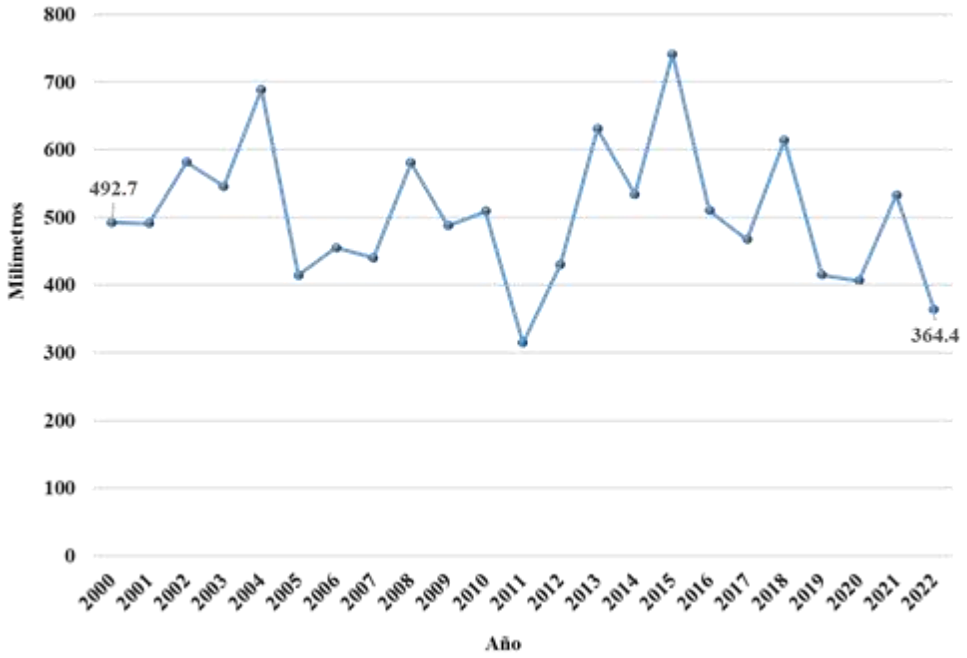


Gráfica 1. Temperatura mínima, media y máxima en Zacatecas, 2000-2022 (en grados centígrados).
Fuente: Basado en datos de (CONAGUA, 2022b). Temperatura mínima, media y máxima por entidad federativa y nacional.



Precipitación pluvial promedio anual en milímetros en Zacatecas (2000-2022).
Fuente: Basado en datos de (CONAGUA, 2022b). Precipitación (mm) por entidad federativa y nacional.

Año Agrícola (OI + PV) modalidad: riego + temporal, por entidad federativa, nos indica que la superficie sembrada durante el año 2000 fue de 1,309,099 hectáreas, mientras que en el año 2022 se sembraron 1 157 673.06 hectáreas, lo que reflejó una disminución de 151 425.94 hectáreas, equivalente a 11.5 % menos de superficie sembrada en el Estado. En relación a la cosecha en el año 2000 fue de 932 701 hectáreas mientras que el 2022 se cosechó 1 143 383.15 hectáreas lo que refleja un aumento de 210 682.15 hectáreas equivalente a 22.6 % de aumento. Respecto al incremento de las



Gráfica 2. Precipitación pluvial promedio anual en milímetros en Zacatecas (2000-2022).
Fuente: Basado en datos de (CONAGUA, 2022b). Precipitación (mm) por entidad federativa y nacional.

hectáreas cosechadas también se puede observar que esta situación influyó en un mayor valor de la producción, durante el año 2000 era de $5 699 649.01 miles de pesos, mientras que durante el año 2022 fue de $27 290 160.24 miles de pesos, lo que representa en términos absolutos un aumento de $21 590 511.23 miles de pesos, equivalente a un 378.8 % más.

En relación al aumento de la producción agrícola en el Estado, Llamas (2012), en su tesis doctoral mencionó que, la entidad ocupa el primer lugar nacional en la producción de ajo, frijol, chabacano y nopal forrajero, lo que aporta alrededor del 10 % del Producto Interno Bruto (PIB) estatal.

A su vez, el Estado de Zacatecas destacó como potencia agroalimentaria a nivel nacional e internacional por la calidad y variedad en sus productos, al señalar que: "Zacatecas cuenta con 49 productos dentro del medallero nacional e internacional por su calidad y gran producción. En los primeros lugares destacan una gran variedad de chiles, ajo, cebolla, uva industrial, tunas, caprino carne canal y caprino en pie" (Líder empresarial, 2020).

Es importante reconocer el esfuerzo que hacen los productores, a pesar de las limitantes y afectaciones derivadas del cambio climático a las que se enfrentan actualmente.

Por ello, debemos considerar el punto de vista en el estudio realizado por Ruíz *et al*. (2011), un grupo de científicos, en el que mencionaron las posibles alteraciones, que podrían estar asociadas al cambio climático en las principales zonas productoras de maíz en México, destacan lo siguiente: "el incremento de la temperatura sobre la fenología del maíz y su rendimiento; ya que, al reducirse el ciclo de madurez, se acortan las etapas fenológicas (llenado de grano), se reduce el área foliar, disminuye la producción de fotosintatos y la producción de biomasa y grano. La pérdida de rendimiento por esta causa puede llegar a ser de entre 10 y 40%" (Ruíz *et al*., 2011).

En contraste a los argumentos vertidos anteriormente, encontramos algunas ideas que otros autores han trabajado como posibles contraargumentos respecto al tema de la relación entre el cambio climático y la agricultura, mismos que a continuación se enuncian:

Actualmente no podemos afirmar que el cambio climático se debe únicamente a efectos naturales, el ser humano ha contribuido en gran parte por las emisiones causadas por actividades fundamentales en nuestra vida diaria, en este sentido, de las nueve actividades más importantes en la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), destacan cinco de ellas como las de mayor efecto negativo al

planeta: en primer lugar, la generación de energía con un 28 %, en segundo lugar encontramos que la agricultura aporta un 14 %, mientras que el cambio de uso de suelo, el transporte al igual que la manufactura y construcción generan un 12 %, respectivamente (Medina *et al*., 2017).

Como señaló Llamas (2012), en donde apoya la idea que la actividad agrícola básica o de temporal no precisamente está armonizada con la degradación ambiental o cambio climático, por la estrecha relación que existe entre éste con la agricultura y la pobreza, además de que no se utilizan fertilizantes y agroquímicos de manera intensiva. Por lo que el mejoramiento del entorno ambiental está relacionado a las condiciones sociales de la población rural que se dedica a la agricultura, con el objetivo de sobrevivir de esta actividad y no por generar grandes ganancias.

Por su parte, los principales problemas ambientales relacionados con el cambio climático en los tres municipios más importantes del Estado, que son Guadalupe, Zacatecas y Fresnillo, Rivera *et al*. (2014), señalaron que: "Las cabeceras municipales de Zacatecas y Guadalupe son el ejemplo claro de que la urbanización mal planificada se vuelve en un problema ambiental. Ambas ciudades tienen un pasivo de contaminación de aguas desde épocas mineras, que ha afectado a comunidades aledañas. Aunque se reconoce el avance en la construcción de infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales se espera que el reúso realmente se concrete" (Rivera *et al*., 2014).

Dichos estudios reflejan que, a pesar de los esfuerzos realizados por los gobiernos, aún nos falta mucho por aprender y estudiar del calentamiento global y sus posibles soluciones.

A partir de la información analizada nos permitió identificar que los estudios previos realizados por otros autores, para el caso específico del estado de Zacatecas, les faltó profundizar acerca del fenómeno de la relación del cambio climático, agricultura y desarrollo, a partir de las afectaciones socioambientales derivadas del incremento de la temperatura y la disminución de la precipitación pluvial promedio anual.

Asimismo, nos permitió confirmar el argumento planteado en el presente estudio, debido a que las afectaciones del cambio climático sobre la agricultura en el Estado de Zacatecas, se reflejaron en el aumento de la temperatura promedio anual mínima, media y máxima, así como de la disminución de la precipitación pluvial promedio anual durante el periodo 2000-2022. En conjunto han influido en agudizar la problemática de sequía en el territorio zacatecano, con las repercusiones desfavorables para la producción agrícola. Lo anterior, se reflejó en dos conflictos socioambientales por agua en Zacatecas.

Conclusiones

La información analizada da muestra evidente de que existe correspondencia entre los objetivos planteados y los resultados obtenidos, principalmente porque las personas están sufriendo afectaciones por el cambio climático, desde las sequías, el aumento de temperatura promedio anual, el bajo nivel de lluvias en el Estado de Zacatecas. Lo cual se reflejó en la disminución de superficie agrícola sembrada durante el periodo 2000-2022, aunque la superficie agrícola cosechada se incrementó; asimismo, el valor de la producción se incrementó 3.7 veces más durante el mismo periodo. Tal situación influyó de forma positiva en que disminuyera la carencia por acceso a la alimentación en el Estado de Zacatecas, que afectaba cerca de una cuarta parte de la población de la entidad durante el año 2010, misma que mantuvo una tendencia decreciente durante el año 2022, aunque todavía afecta a casi la quinta parte de la población zacatecana.

Por su parte, a pesar de sentir las intensas olas de calor, sequías, incendios forestales, la deforestación, epidemias y la contaminación por sustancias tóxicas, entre otros efectos del cambio climático, sin embargo, si no modificamos nuestros hábitos de conducta, además de la falta de políticas públicas por parte de los gobiernos para abordar el tema, en el futuro inmediato padeceremos con mayor intensidad un problema donde el calentamiento global es real y con mayores consecuencias, de las cuales los seres humanos somos los responsables. Por ello, debemos actuar ahora, ya que, de lo contrario, las futuras generaciones de la humanidad no podrán gozar de los recursos naturales que nosotros aún tenemos.

En virtud de lo analizado, en lo sucesivo se buscará profundizar con el estudio del cambio climático y sus efectos en la cuestión alimentaria en el Estado de Zacatecas, abordando los temas siguientes:

Un aspecto muy importante es la escasez de agua, ya que, por el clima, la orografía y condición minera del Estado de Zacatecas, será conocer las tendencias de comportamiento de tipos de usos de agua de los acuíferos de nuestra entidad.

Es importante dar seguimiento a la producción de diferentes granos básicos en el Estado de Zacatecas, que requieran menor tiempo para su cosecha, menor

consumo de agua y menor uso de agroquímicos.

Agradecimiento

A la Universidad Internacional Ignacio Castro Pérez, a la Universidad Autónoma Chapingo; a la Universidad Autónoma de Zacatecas, especialmente a la Maestría en Estudio y Solución de Problemas Públicos; a la Escuela de Administración de la Universidad Nacional Costa Rica y a la Universidad Autónoma de Barcelona, que coordina el Atlas Mundial de Justicia Ambiental.

Referencias

Banco Mundial (2020). "*Perspectivas del Banco Mundial 2050: Notas sobre orientaciones estratégicas. Brindar apoyo a los países para alcanzar los objetivos a largo plazo en materia de descarbonización*". Disponible en: https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/33958/Outlook2050_Spanish_Web%20PDF.pdf?sequence=8&isAllowed=y (consultada el 17 de agosto de 2023).

Barboza, O. (2013). "Calentamiento global: la máxima expresión de la civilización petrofósil". Uniwersytet, Warszawski, Varsovia, Polonia. Ed.) *Revista del CESLA* (16), 35-68. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=243329724003 (consultada el 29 de julio de 2023).

Carrillo, C.J., Álvarez, G., Aguilar, G., Can, Á., Pinedo, J.A. (2021). "Calidad del agua para riego agrícola en la región del acuífero Calera en Zacatecas, México". Tecnología y Ciencias del Agua. Volumen 12, número 2, marzo-abril. Disponible en: https://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2449/2291 (consultada el 17 de octubre de 2023).

CONAGUA (2022a). "Estado de Zacatecas. Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua". Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/805372/ZAC_dic2022.pdf (consultada el 13 de mayo de 2024).

CONAGUA (2022b). "Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia". Disponible en: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias (consultada el 4 de junio del 2024).

CONEVAL (2018). "Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, serie 2008-2018. Evolución de la pobreza y pobreza extrema nacional y en entidades federativas 2008, 2010, 2012, 2014, 2016 y 2018". Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx (consultada el 20 de julio de 2023).

CONEVAL (2020). "Medición de la pobreza, Estados Unidos Mexicanos, 2010-2020 Indicadores de pobreza por entidad federativa". Ciudad de México, México. Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Pobreza-municipio-2010-2020.aspx (consultada el 29 de abril del 2024).

CONEVAL (2022). "Medición de la pobreza. Pobreza en México. Anexo estadístico de pobreza en México. Anexo estadístico 2022". Disponible en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/AE_pobreza_2022.aspx (consultada el 6 de mayo de 2024).

Echavarría, F., Medina, G., Ruiz, J.A. (2020). "Efecto en la erosión hídrica del suelo en pastizales y otros tipos de vegetación por cambios en el patrón de lluvias por el calentamiento global en Zacatecas, México". Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias vol. 11 supl. 2 Mérida, junio. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242020000500006&script=sci_arttext (consultada el 15 de julio de 2023).

EJAtlas (2024). "Mapa Mundial de Justicia Ambiental". Disponible en: https://ejatlas.org/country (consultada el 31 de julio de 2024).

García, M., García, A.N., Medina, G., Servín, M., Ramírez, N. (2021). "Efecto posible del cambio climático sobre la demanda de agua de cultivos importantes en Zacatecas". Disponible en: https://revistas.chapingo.mx/zonas_aridas/article/view/r.rchsza.2021.04.001/r.rchsza.2021.04.001 (consultada el 17 de agosto de 2023).

ZHN Zacatecas Hoy (2016). "Destaca investigador sequías, heladas y granizo entre efectos del cambio climático en Zacatecas". Disponible en: https://zhn.com.mx/2016/10/24/destaca-investigador-sequias-heladas-y-granizo-entre-efectos-del-cambio-climatico-en-zacatecas/ (consultada el 23 de julio del 2023).

Gobierno de México (2020). "Programa Institucional 2020-2024 de Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX)", Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Septiembre, 28. Disponible en: https://www.gob.mx/segalmex/documentos/programa-institucional-2020-2024-de-seguridad-alimentaria-mexicana-segalmex (consultada el 29 de agosto de 2023).

González, M., Jurado, E., González, S., Aguirre, O., Jiménez, J., Navar, J. (2003). "Cambio climático mundial: origen y consecuencias". Ciencia UANL /vol. VI, No. 3, julio-septiembre. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/1287/1/cambio_climatico.pdf (consultada el 19 de agosto del 2023).

Hernández, J., Gowda, P., Howell, T., Steiner, J., Mojarro, F., Núñez, E., Ávila, J. (2012). "Modeling Groundwater levels on the Calera aquifer region in central Mexico using ModFlow". Journal of Agricultural Science and Technology B, 2(1), 52-61. Disponible en: https://scholarworks.boisestate.edu/civileng_facpubs/36/ (consultada el 16 de agosto de 2023).

Ibarra, J., Román, R., Gutiérrez, K., Gaxiola, J., Arias, V., Bautista, M. (2021). "Cambio en la cobertura de uso de suelo en el norte de Jalisco, México; un análisis del futuro, en un contexto de cambio climático". Ambiente & Água-An Interdisiplinary Journal of Applied Science, vol. 6 núm. 2 Taubaté, Brasil. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/928/92819767008.pdf (consultada el 14 de julio del 2023).

INEGI, (2021). "Información por entidad". Disponible en: https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/zac/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=32 (consultada el 9 de abril de 2024).

Líder empresarial (2020). "¿Por qué Zacatecas es potencia agroalimentaria?" Disponible en: https://www.liderempresarial.com/por-que-zacatecas-es-potencia-agroalimentaria/ (consultada el 06 de agosto del 2023).

Llamas, Á. (2012). *Pobreza y degradación ambiental en la agricultura del Estado de Zacatecas a nivel municipal.* Tesis para obtener el grado de Doctor en Estudios del Desarrollo. Unidad Académica en Estudios del Desarrollo, Universidad Autónoma de Zacatecas, 236 pp. Disponible en: https://estudiosdeldesarrollo.mx/wp-

content/uploads/2021/04/Alvaro-Llamas-Gonzalez.pdf (consultada el 22 de abril del 2023).

Martínez, J. (2005). *El ecologismo de los pobres: conflictos ambientales y lenguajes de valoración.* Icaria. Barcelona, España.

Medina, G., Mena, J., Reveles, M., Echevarría, F.G., Ruíz, J.U. (2017). "Cambio climático y sus efectos en el potencial productivo de chile en el norte del centro de México" folleto técnico No. 88 Calera de Víctor Rosales, diciembre. Disponible en: http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Folleto%20Tecnico%2088.pdf (consultada el 14 de agosto del 2023).

Pardo, M. (2007). "El impacto social del cambio climático". Panorama Social No. 5: 22-35. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/rest/api/core/bitstreams/8722fa5f-6406-44d9-a874-c010ec2d2607/content (consultada el 27 de mayo del 2023).

Pita, O., Ortega, D. (2019). "Análisis de índices de cambio climático en el Estado de Zacatecas". Quinto Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII-AURPAES 2019, Mazatlán, Sinaloa, septiembre, 18 al 20. Disponible en: https://www.riego.mx/congresos/comeii2019/docs/ponencias/extenso/COMEII-19017.pdf (consultada el 20 de agosto de 2023).

Rivas, J., Moreno, M.A., Maldonado, C.H., Muñoz, J.J., García, E.A. (2017). "El Cambio Climático y la Salud Humana". Biocenosis. Vol. 31 (1-2). Disponible en: http://ricaxcan.uaz.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.11845/827/EL%20CAMBIO%20CLIMA%C3%ACTICO%20Y%20LA%20SALUD%20HUMANA.%202017..pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultada el 21 de julio del 2023).

Rivera, P., Vázquez, L.B. (2014). "Entre crecimiento poblacional y deterioro ambiental: El caso de Zacatecas, Guadalupe y Fresnillo". Ra Ximhai, julio-diciembre vol. 10 número 6. Universidad Autónoma Indígena de México. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/461/46132135003.pdf (consultada el 15 de agosto del 2023).

Riveros, C.V. (2015). "Respuesta municipal ante escasez de agua potable: Una mirada desde la Ecología Política". Tesis presentada al Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al grado académico de Magister en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente. Disponible en: https://cl.boell.org/sites/default/files/uploads/2018/07/mhm_carla_riveros.pdf (consultada el 31 de julio de 2023).

Ruíz, J. A., Medina, G., Ramírez, J.L., Flores, H.E., Ramírez, G., Manríquez, J.D., Zarazúa, P., González, D.R., Díaz, G., De la Mora, C. (2011). "Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México". Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. vol. 2 no. 2, Texcoco sep./oct. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2nspe2/v2spe2a11.pdf (consultada el 16 de agosto del 2023).

Secretaría de Economía (2015). "Información económica y estatal". Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/115240/zacatecas.pdf#:~:text=El%20Estado%20de%20Zacatecas%20cuenta%20con%20una%20superficie,una%20precipitaci%C3%B3n%20anual%20promedio%20de%20510%20mm1.%203 (consultada el 27 de noviembre del 2023).

SIAP (2022). "Anuario Estadístico de la Producción Agrícola". Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (consultada el 29 de octubre del 2023).

Steimbreger, N., Radonich, M., Bendini, M. (2003). "Expansiones de frontera agrícola y transformaciones territoriales: procesos sociales diferenciales". En Bendini, M. y Steimbreger, N. (compiladoras). Territorios y organización social de la agricultura. Cuaderno GESA 4. Editorial La Colmena. Buenos Aires. pp. 17-39 Disponible en: https://investigadores.uncoma.edu.ar/cepyc/publicaciones/Expansiones_de_frontera_agr%C3%ADcola.pdf (consultada el 24 de noviembre de 2023).

Vide, J.M. (2009). "Conceptos previos y conceptos nuevos en el estudio del cambio climático reciente". Investigaciones Geográficas Esp. Núm 49. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/176/17617034003.pdf (consultada el 28 de diciembre de 2023).