

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN AGRONOMÍA

Informe final de servicio social

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DERIVADO DE LA SEQUÍA
AGRÍCOLA EN ZACATECAS**

Prestador del servicio social:

Gutiérrez Guerrero Marlen

Matrícula: 2162027181

Asesor interno:

M. en C. Andrés Fierro Álvarez

Número económico: 16755

Firma:



Asesor externo:

Dr. David Ortega Gaucin

Cédula profesional: 7229461

Firma:



Lugar de realización: Universidad Autónoma Metropolitana –Unidad Xochimilco.
(100% en línea- proyecto emergente UAM- X)

Fecha de inicio y terminación: 1 de febrero al 31 de julio 2021.

Índice

Resumen.....	1
Introducción	1
Marco teórico.....	3
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
Metodología utilizada	5
Descripción del área de estudio:.....	5
Valoración de la condición de vulnerabilidad ante el fenómeno de la sequía agrícola.....	6
Estimación del impacto económico:	7
Etapa 1. Búsqueda y compilación de la información:	8
Etapa 2. Desarrollo de cálculos	9
Actividades realizadas	10
Objetivos y metas alcanzadas	10
Resultados y discusión	11
Conclusiones	64
Recomendaciones	66
Literatura citada.....	66

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto socioeconómico derivado de la sequía agrícola en el estado de Zacatecas, dicho impacto está representado por la reducción en la superficie cosechada de frijol, maíz grano, trigo y sorgo grano, la disminución en el volumen de producción y en el valor de ésta a escala municipal y estatal y por la valoración de la condición de vulnerabilidad en la que se encuentra la producción de estos cultivos bajo condiciones de secano y la de los productores en la entidad a través de la revisión bibliográfica respecto al tema de la sequía agrícola en la entidad, la vulnerabilidad ante este fenómeno y de las estadísticas de producción agrícola de 2003-2019. El municipio más vulnerable y más severamente afectado por la sequía corresponde a Sombrerete con una reducción en la superficie de 33,438 hectáreas y una pérdida económica de más de 190 millones de pesos, mientras el menos afectado fue Villa de Cos con una pérdida de superficie de 9,028.92 has., y un impacto económico de más de 17 millones de pesos, en cuanto a los cultivos estudiados el más vulnerable corresponde al frijol con una pérdida de la superficie de 5,899.98 hectáreas y un impacto económico de más de 16 millones de pesos, mientras el menos vulnerable es el sorgo grano con una reducción de 5.72 has., y una pérdida económica de 187, 381.95 pesos. Dadas las condiciones en las cuáles se desarrolla el cultivo de estos alimentos en Zacatecas, es importante, en principio, el monitoreo de las sequías de manera oportuna, que permita crear estrategias para mitigar el impacto sobre los cultivos y las comunidades, dichas estrategias deben considerar desde el uso de nuevas tecnologías de cultivo, la recuperación de la fertilidad de los suelos, el aprovechamiento de otras fuentes de abastecimiento de agua para riego, sin dejar de lado el acompañamiento a los campesinos para la comercialización justa de sus productos ya que las dificultades que enfrentan estos para competir en el mercado es una de las razones por las cuáles se dejan de cultivar estos alimentos.

Introducción

A causa del cambio climático mundial, cada vez se experimentan fenómenos naturales más intensos, con mayor severidad y frecuencia que antes. Uno de esos

fenómenos es la sequía, actualmente no existe una definición universal aceptada de ésta, sin embargo, en su acepción más amplia se caracteriza por una disminución en los valores medios de precipitación característicos de una región geográfica particular que se prolonga en el tiempo y en el espacio geográfico (Ortega Gaucin, 2019). Una propuesta para el estudio de este suceso es su separación temporal en cuatro etapas fundamentales, las cuales corresponden a la evolución temporal de este fenómeno; así se habla de sequía meteorológica, sequía agrícola, sequía hidrológica y sequía socioeconómica (Lobato Sánchez, 2016). La primera, corresponde al inicio del desequilibrio hidrológico debido precisamente a la interrupción de las lluvias, la cual de extenderse en el tiempo dará lugar a la sequía agrícola que se caracteriza por una insuficiente humedad del suelo, lo que impide el desarrollo de un determinado cultivo reduciendo los rendimientos de este (Esparza, 2013). La sequía hidrológica por su parte es aquella en la cual el nivel en el volumen o el caudal de las fuentes de abastecimiento de agua superficial y/o subterránea comienzan a disminuir considerablemente (Esparza, 2013) y por último, la sequía socioeconómica se refiere a las afectaciones sociales y económicas que se generan en la población como consecuencia de las sequía meteorológica, agrícola e hidrológica (Lobato Sánchez, 2016). El grado de afectación o el impacto de este fenómeno dependen en gran medida de la vulnerabilidad de la región o de población que está siendo afectada, lo cual a su vez depende de las condiciones sociales, económicas, institucionales, geográficas y ambientales de dicha población o región y de la calidad de los recursos y de las estrategias que estas comunidades implementen para hacer frente a esta situación (Romero, Blake, s.a.). En general, cuanta más carencia de recursos económicos, institucionales y de información exista mayor será el impacto de los fenómenos naturales, generando más pobreza y a su vez mayor vulnerabilidad (Ibarrarán Viniegra, 2014).

A lo largo de su historia, México ha vivido varios episodios de sequía, el más reciente es el ocurrido en el año 2011 cuando se reportaron afectaciones importantes en los estados de la región centro-norte del país afectando a 1,213 municipios de 19 estados de la república y causando pérdidas en más de 800 mil

hectáreas de cultivos, además de perjudicar a 1.3 millones de cabezas de ganado, principalmente bovino (CONAGUA 2018).

El Estado de Zacatecas a causa de sus condiciones geográficas y climáticas imperantes experimenta con frecuencia episodios de sequía severos, de acuerdo con Ortega Gaucin *et al.* (2019) en el 2011 el estado registró afectaciones en más del 70% de la superficie agrícola de temporal afectando de manera directa las actividades agrícolas de la entidad. Por lo anterior descrito en este trabajo se evalúa el impacto socioeconómico de la sequía agrícola en la entidad a través de la valoración de la condición de vulnerabilidad en la que se hallan inmersos la actividad agrícola en sí y los productores de la región, además de complementar esta información con datos de producción agrícola de cuatro cultivos básicos de alimentación en el estado: frijol, maíz grano, sorgo y trigo grano, a través de 17 años de revisión (2003-2019).

Marco teórico

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2018) entre 2005 y 2015 las sequías han sido el fenómeno natural que más pérdidas ha ocasionado en el sector agrícola con un porcentaje de hasta 83% y un costo de 29 000 millones de dólares.

El Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2018) menciona que los países más vulnerables ante la escases de agua para la agricultura son aquellos donde los otros elementos como las condiciones del suelo y del terreno no favorecen la producción agrícola y donde el desarrollo tecnológico es poco, de tal manera que no permite amortiguar los impactos de este fenómeno; aunado a esto en estas regiones las condiciones sociales y económicas son con frecuencia inestables lo que se traduce al final en problemas socioeconómicos más severos.

La vulnerabilidad

Cuando se habla de los impactos de un fenómeno natural como lo es la sequía es importante comprender que la magnitud de dichos impactos depende en gran

medida de la vulnerabilidad y de las estrategias con que las comunidades cuentan para enfrentar este fenómeno (Romero Blake, s/f).

De acuerdo con Ortega-Gaucin *et al.* (2018) la vulnerabilidad se entiende como el grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático. Dicha susceptibilidad está en gran medida determinada por las condiciones sociales, económicas, ambientales, tecnológicas y políticas de la población, sistema o región en cuestión. Así, la vulnerabilidad muestra el contexto físico, social, económico, ambiental de una región, de un sector o grupo social que es susceptible de ser afectado por un fenómeno meteorológico o climático.

Según Monterroso Rivas *et al.* (2012) la vulnerabilidad es resultado de una función que incluye los elementos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. La exposición se refiere al grado en que un sistema queda expuesto ante una situación que lo desestabiliza; la sensibilidad se refiere al grado en que un sistema puede ser potencialmente modificado o afectado por algún fenómeno interno o externo o por la suma de ambos, por su parte la capacidad adaptativa hace referencia a la capacidad de un sistema de hacer frente a los posibles efectos adversos del fenómeno que lo afecta, en este último elemento es importante mencionar que la capacidad adaptativa de una sociedad refleja la capacidad de ésta de modificar sus características o comportamientos para enfrentar de una mejor manera el fenómeno y adaptarse a los nuevos cambios que de este suceso se generen.

De esta manera la vulnerabilidad se expresa con la siguiente función:

Vulnerabilidad= (Exposición+ Sensibilidad)-Capacidad de adaptación.

De acuerdo con Ortega-Gaucin *et al.* (2018) la exposición y la sensibilidad tienen una correlación positiva con la vulnerabilidad, es decir, al tener un mayor grado de exposición y un mayor grado de sensibilidad se tiene una mayor vulnerabilidad, mientras que la capacidad adaptativa refleja la capacidad del área geográfica, del sistema o de la población de hacer frente al fenómeno, por lo que a mayor capacidad adaptativa menor vulnerabilidad.

Objetivo general

- Estimar el impacto socioeconómico derivado de la sequía agrícola en el Estado de Zacatecas.

Objetivos específicos

- Estimar las pérdidas económicas (pérdida del volumen de producción y en el valor de la producción) en función de la superficie agrícola afectada por sequía para cada municipio.
- Valorar la condición de vulnerabilidad de la agricultura y de los productores ante el fenómeno de sequía en Zacatecas.

Metodología utilizada

Descripción del área de estudio:

El estado de Zacatecas se ubica en la zona centro-norte del país, está integrado por 58 municipios y 7, 431 localidades urbanas y rurales (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2017). Su superficie total es igual a 75,275.3 Km², de la cual Zacatecas siembra 1.3 millones de hectáreas; el 86.4% de la agricultura en Zacatecas es agricultura de temporal, mientras el resto (13.6%) corresponde a la agricultura de riego, a nivel nacional ocupa el primer lugar en la producción de frijol y el tercero en la producción de maíz de grano (SADER, 2020). Debido a sus características geográficas naturales Zacatecas presenta en más del 75% de su territorio climas secos y semisecos con una precipitación promedio anual de 510mm (INEGI, 2020) lo que limita y condiciona en gran medida las actividades agrícolas en la entidad.

La metodología que se propone tiene como base la revisión de literatura y la búsqueda, recopilación y revisión de datos a nivel municipal y estatal con el fin de conocer aquellas características que condicionan a un estado de vulnerabilidad a las actividades agrícolas y a los productores de la entidad y la comparación de esta información con datos estadísticos de producción de frijol, maíz grano, sorgo grano y trigo grano (cuatro de los cultivos con importancia alimentaria en la región) en un periodo de estudio de 17 años (2003-2019).

Valoración de la condición de vulnerabilidad ante el fenómeno de la sequía agrícola

Se realizó una revisión bibliográfica de diferentes trabajos previos respecto al tema de la vulnerabilidad ante la sequía a nivel global, nacional y estatal. Dado que el primer objetivo de este trabajo es obtener información acerca de la condición de vulnerabilidad de la agricultura y de los actores principales en Zacatecas se consideró la revisión de variables de tipo social, económico y ambiental las cuáles de acuerdo con Monterroso Rivas *et al.* (2012) en la mayoría de las ocasiones determinan la producción agrícola en México y en cualquier otra región del mundo. En total se revisaron 19 indicadores que brindan información acerca de los tres componentes de la vulnerabilidad; 3 caracterizan la exposición, 7 la sensibilidad y 9 la capacidad adaptativa tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Indicadores seleccionados para valorar la vulnerabilidad ante la sequía agrícola en el Estado.

Componente de vulnerabilidad	Indicadores
Exposición	<ul style="list-style-type: none">• Superficie agrícola afectada por sequía.• Frecuencia de sequía en el estado.• Episodios de sequía severos.
Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none">• Densidad poblacional.• Población dependiente de las actividades primarias.• Población en condiciones de pobreza.• Superficie destinada a la agricultura.• Unidades de producción con acceso a riego.• Rendimiento promedio de frijol, maíz grano, sorgo grano y trigo grano.

	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades de producción con uso de tecnologías.
Capacidad adaptativa	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades de producción organizadas. • Unidades de producción con capacitación técnica. • Cooperativas rurales. • Programas orientados al desarrollo agrícola. • Unidades de producción con acceso a créditos agrícolas. • Unidades de producción con subsidios agrícolas. • Unidades de producción con seguros agrícolas.

Elaboración propia tomando como referencia los trabajos de Monterroso Rivas *et al.* (2012) y Ortega Gaucín *et al.* (2018).

Es importante mencionar que por motivos de tiempo y disponibilidad de datos no es la intención en este trabajo el de calcular un índice de vulnerabilidad municipal o estatal, sino, obtener información acerca de las características enmarcadas en el cuadro anterior que conforme a la literatura determinan en gran medida el impacto de la sequía en la población y la de usar esta información para complementar los resultados obtenidos de la estimación de la pérdida económica.

Estimación del impacto económico:

Con la finalidad de conocer el impacto económico que genera la sequía en el estado, se trabajó con los cultivos de frijol, maíz grano, sorgo grano y trigo grano, los cuatro cumplen el requisito de ser base de la dieta de la población en el estado, además de tener un peso social cultural y económico importante en el sector agrícola estatal y nacional.

En este trabajo la pérdida económica en función de la superficie afectada por sequía está representada por la disminución en el volumen de producción y la disminución del valor de la producción. Los cálculos se realizaron de manera individual para cada cultivo seleccionado y para cada municipio, al final también se realizó los mismos para obtener un valor a nivel de estado. La metodología se divide en tres etapas principales: Búsqueda y compilación de la información, desarrollo de cálculos y obtención de valores.

Etapas 1. Búsqueda y compilación de la información:

1.1 Recopilación de datos de producción por cultivo y municipio.

La búsqueda y recopilación de la información se realizó utilizando como referencia el Sistema de Información Agrícola Y pesquera (SIAP) a partir de su página http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do que contiene la información estadística agrícola a nivel estatal y municipal para el periodo de estudio de 2003-2019. Para cada uno de los cultivos se recopilaron los valores de los siguientes variables: Superficie sembrada, superficie cosechada, superficie siniestrada, volumen de producción, rendimiento, precio medio rural y valor de la producción

1.2 Elaboración de base de datos.

Partiendo de la información contenida en el (SIAP) se construyó una base de datos que contiene los valores de cada una de las variables que se mencionaron en el punto anterior.

1.3 Obtención de los precios medios rurales estatales

Los precios medios rurales (PMRe) del frijol, maíz, sorgo y trigo en Zacatecas se obtuvieron de la página <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> de internet del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2013) se utilizaron los valores de este año después de corroborar que es el año 2013 el que el Banco de México (BANXICO) utiliza como año base de referencia y con la finalidad de evitar el efecto de la inflación sobre los valores al realizar los cálculos.

Etapa 2. Desarrollo de cálculos

Los primeros cálculos realizados tuvieron como fin obtener los valores de las siguientes variables de cada cultivo y en cada municipio: Promedio de la superficie cosechada, promedio de los rendimientos obtenidos, volumen de producción y valor de la producción. Estos valores se obtuvieron a partir de la base de datos elaborada y son el punto de referencia para calcular la pérdida en los volúmenes de producción y en el valor de la producción de cada cultivo una vez se incorpore la variable de % de superficie afectada por sequía. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes;

Variable	Fórmula	Dónde;
Promedio de la superficie cosechada	$PSC = \sum sp / A$	$\sum sp =$ Sumatoria de la superficie cosechada A= Número de años con registro
Promedio de los rendimientos	$PR = \sum r / A$	$\sum r =$ Sumatoria de los rendimientos A= Número de años con registro
Volumen de producción	$VP = PSC * PR$	PSC= Promedio de la superficie cosechada PR= Promedio del rendimiento.
Valor de la producción	$VP = PMRe * VP$	PMRe= Precio medio rural estatal VP= Volumen de producción

Etapa 3. Obtención de valores

Una vez se obtuvieron los cuatro primeros valores, se calcularon las siguientes variables: Disminución en hectáreas de la superficie cosechada suponiendo diferentes porcentajes de superficie afectada por sequía (10, 20, 30%...100%), disminución en el volumen de producción de cada cultivo y disminución del valor de la producción para cada cultivo. Las operaciones que se utilizaron están contenidas en la siguiente tabla;

Variable	Fórmula	Dónde;
Reducción de la superficie cosechada	$RSC = PSC * X\%$	PSC= Promedio de superficie cosechada.

		X%= Un % determinado de superficie cosechada.
Disminución en el volumen de producción	$DVP=RSC*PR$	RSC= Reducción de la superficie cosechada. PR= Promedio del rendimiento
Disminución en el valor de la producción	$DVP=$ $DVP*PMRe$	DVP= Disminución en el volumen de producción. PMRe= Precio Medio Rural Estatal

Una vez se calcularon estas variables de manera individual y para cada cultivo, se realizó la sumatoria de la disminución de la superficie cosechada y del valor de la producción a diferentes porcentajes de afectación considerando los cuatro cultivos para cada municipio; estos datos se graficaron a fin de presentar la información de una manera más clara.

Actividades realizadas

- Búsqueda y revisión de literatura respecto al tema de la sequía y sus efectos en la agricultura y de las características que condicionan a la población a tener un determinado grado de vulnerabilidad.
- Búsqueda, recopilación y análisis de información respecto a estadísticas de producción de frijol, maíz grano, sorgo grano y trigo grano para el estado de Zacatecas de 2003-2019.
- Elaboración de base de datos y procesamiento de la información para la obtención de los resultados.
- Análisis de la información bibliográfica y de los cálculos realizados en este trabajo.

Objetivos y metas alcanzadas

- Se estimó la pérdida económica que causa la sequía teniendo como referencia el porcentaje de superficie agrícola afectada para cada uno de los cultivos revisados en el estado a escala municipal y estatal.

- Se identificaron los municipios más vulnerables ante el fenómeno de la sequía en la entidad.
- Se determinó cuál de los cultivos estudiados es más severamente afectado por la sequía a nivel estatal.
- Se analizó el grado de vulnerabilidad que presenta la agricultura y los productores de la entidad ante la sequía agrícola.

Resultados y discusión

Valoración de la condición de vulnerabilidad ante el fenómeno de la sequía, la disminución en el volumen de producción y en el valor de la producción de frijol, maíz grano, sorgo grano y trigo grano en el estado

La exposición es uno de los tres elementos que determinan en gran medida la vulnerabilidad ante este fenómeno (Monterroso *et al*, 2012); para este trabajo la exposición está representada por la superficie agrícola afectada por sequía, la frecuencia de sequía en el estado y los episodios de sequía severos.

De acuerdo con Ortega Gaucin *et al.* (2019) de 1985 a 2019 la entidad registró cinco episodios de sequía severa; 1989, 1995-1997, 1999-2001, 2005 y 2011-2012. De acuerdo con estos autores, en 1989 fueron 21 los municipios que presentaron afectaciones en más del 70% de la superficie agrícola, en 1997 fueron 30, en 2001 fueron 28 y en 2011 fueron 25, también mencionan que de los 35 años revisados en al menos el 50% de ellos, los cultivos de interés presentaron condiciones de estrés hídrico. Las áreas agrícolas más afectadas por sequía en el estado coinciden con los principales municipios agrícolas de la entidad. De acuerdo con Romero Blake. (s/f) sequías de idéntica intensidad física pueden tener impactos mucho menos severos en grandes superficies comerciales irrigadas y aseguradas, con buenas tierras y precios subsidiados que en pequeñas parcelas de temporal sin soporte institucional.

De los resultados de este trabajo a nivel estatal los principales municipios que destacan por la superficie destinada a la siembra de estos cuatro cultivos son, en

orden de mayor a menor; Sombrerete, Fresnillo, Río Grande, Pinos, Miguel Auza, General Francisco R. Murguía y Villa de Cos (tabla 2).

Tabla 2. Principales municipios productores de frijol, maíz, sorgo y trigo grano de 2003-2019 en Zacatecas.

Municipio	Superficie sembrada (has)	Promedio de superficie cosechada (has)
Sombrerete	1,985,191	111, 461.66
Fresnillo	1,376,635	69,107.14
Río Grande	1,233,360	65,923.96
Pinos	1,151,498.2	52597.62
Miguel Auza	842,140	48,277.99
General Francisco R, Murguía	695,861	34,231.93
Villa de Cos	666,652.3	30,096.43

La siguiente serie de mapas tomada de Ortega Gaucin *et al.* (2019) (Figura 3) confirman el grado de exposición de estos municipios a los efectos adversos de este suceso, de acuerdo con estos autores en los años registrados como los episodios más graves, las áreas agrícolas más severamente afectadas se encuentran hacia el centro y norte de la entidad y aunque en menor porcentaje también existe afectación en el sureste del mismo, regiones donde se ubican los municipios con mayor actividad agrícola en la entidad.

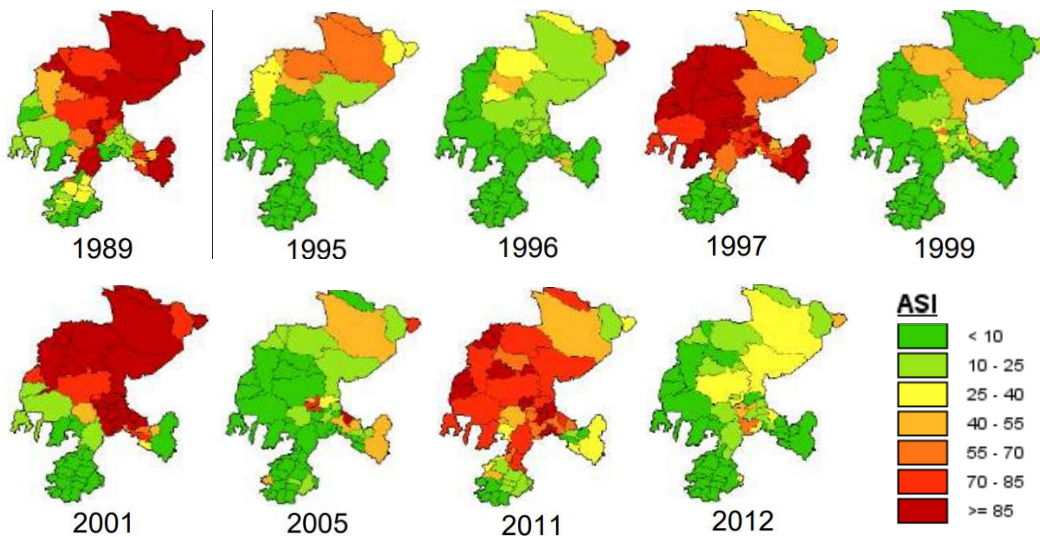


Figura 3. Porcentaje promedio de área agrícola afectada por sequía a escala municipal en los años registrados con eventos de sequía más severos en Zacatecas.

Por otro lado, la exposición está ligada también a las problemáticas ambientales de la región y a la variabilidad climática de ésta, representada principalmente por la temperatura y la precipitación y el comportamiento de estas variables a lo largo del año, al respecto este autor menciona que entre más desfavorables sean estos cambios, resultará más difícil ajustar la producción agrícola.

Al respecto, el estado de Zacatecas se caracteriza por presentar en más del 75% de su territorio climas secos y semi secos, con una temperatura media anual de 17°C, registrándose la temperatura máxima promedio de 30°C en el mes de mayo y la mínima promedio de 3°C en el mes de enero; con una precipitación promedio de 500 mm anuales (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017). En los mapas siguientes (Figuras 4 y 5) se observa la relación que tiene la precipitación y los tipos de clima del estado, en la zona centro la precipitación pluvial va de los 400 a los 500 mm y corresponde con un tipo de clima semi-seco, mientras que en la región norte del estado la precipitación es menor que en el centro con un valor de 300 a 400mm confiriéndole a esta región un clima predominantemente seco. La región sur, suroeste presenta valores de precipitación mayores al promedio (>600mm) que le otorgan a esta región un clima en mayor proporción templado sub-húmedo con lluvias en verano.

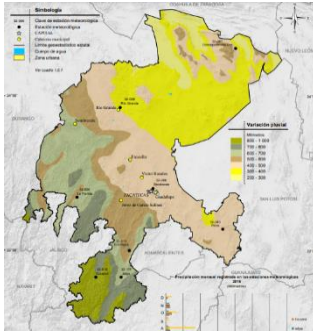


Figura 4. Distribución de los diferentes tipos de clima en el estado.

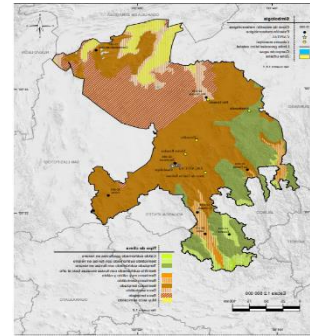


Figura 5. Distribución de la precipitación en el estado.

Estas características evidencian la vulnerabilidad del estado ante los efectos de la sequía.

En las tablas siguientes se muestran los promedios de superficie cosechada, volumen de producción y valor de ésta para cada uno de los municipios mencionados como principales en la producción agrícola considerando los cuatro cultivos estudiados.

Sombrerete

Sombrerete es un municipio ubicado en la región noroeste del estado, de acuerdo al (INEGI, 2020) es el sexto municipio más poblado en Zacatecas (63,665 habitantes) y de acuerdo a la Coordinación Estatal de Planeación, 2019 es el segundo municipio que mayor superficie de suelo destina a las actividades agrícolas (39,477 hectáreas) lo que equivale al 13.3% del total estatal. De acuerdo a los estudios previos acerca de sequía, este municipio experimenta con frecuencia episodios severos de sequía.

De 2003 a 2019 se cosecharon un promedio de 111 mil, 461.66 hectáreas, de las cuales 89 mil, 827.61 correspondieron al cultivo de frijol, 13 mil, 968.79 al maíz grano, 0 al cultivo de sorgo grano y 7mil, 665.26 hectáreas al cultivo de trigo grano, el volumen de producción total obtenido fue de 108 mil, 494.08 toneladas, mientras el valor de la producción en el municipio fue de 634 millones, 772 mil, 175.87 pesos.

A continuación se muestra la pérdida en el volumen y en el valor de la producción bajo diferentes porcentajes de afectación por la sequía en la superficie cosechada

(Tabla

3).

Tabla 3. Reducción en la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Sombrerete.

Reducción de la superficie cosechada (%)	Reducción de la superficie cosechada (ha)	Valor de la producción (Mill. \$)
10%	100,315	571.3
20%	89,169	507.8
30%	78,023	444.3
40%	66,877	380.9
50%	55,731	317.4
60%	44,585	253.9
70%	33,438	190.4
80%	22,292	127.0
90%	11,146	63.5
100%	0	0

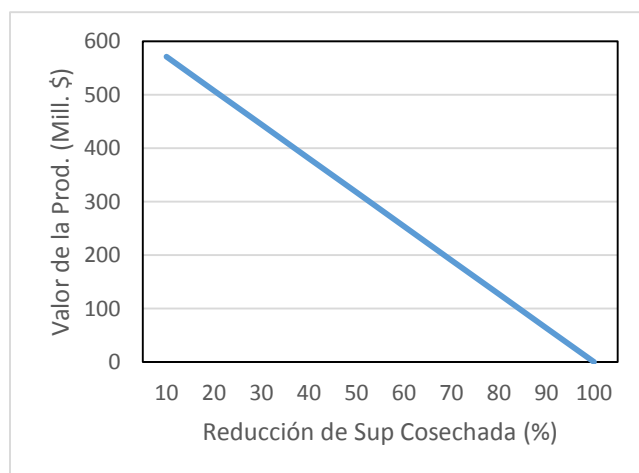


Figura 6. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Sombrerete.

Como se observa cuando existe un daño del 70% en la superficie cosechada, ésta disminuye de 111 mil, 461.66 hectáreas a 33,438, disminuyendo el valor de la producción hasta los 190. 4 millones de pesos, lo que indica una pérdida de \$ 444,772, 175.80.

Las estimaciones hechas arrojan una pérdida del valor de la producción en el municipio igual a 63 millones, 772 mil, 175.84 pesos a cada aumento del daño del 10% en la superficie cosechada.

El cultivo más importante en el municipio es el frijol, mientras el de menor relevancia corresponde al sorgo grano del cual en el periodo de revisión no se obtuvieron registros de siembra en Sombrerete. Respecto al cultivo de frijol la siguiente tabla (Tabla 4) muestra el impacto económico de la sequía en este cultivo y municipio representada por la pérdida de superficie cosechada, por la disminución en el volumen de producción y en el valor de ésta.

Tabla 4. Disminución de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol a diferentes % de afectación por sequía en Sombrerete.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de Producción (ton)	Valor de la producción (Mill. \$)
10%	80,845	60,634	448,921,139
20%	71,862	53,897	399,041,012
30%	62,879	47,159	349,160,886
40%	53,897	40,422	299,280,759
50%	44,914	33,685	249,400,633
60%	35,931	26,948	199,520,506
70%	26,948	20,211	149,640,380
80%	17,966	13,474	99,760,253
90%	8,983	6,737	49,880,127
100%	0	0	0

Se observa que de las 89 mil, 827.61 hectáreas iniciales cuando hay una reducción en la superficie cosechada del 70% a causa de la sequía, la superficie cosechada disminuye hasta 26 mil, 948 hectáreas lo que significa una reducción de 62 mil, 879 hectáreas, el volumen de producción entonces cambia de 67 mil, 370.71 a 20 mil, 211 toneladas teniendo una disminución de 47 mil, 159.71 toneladas, mientras el valor de la producción disminuye hasta 149 millones, 640 mil ,380 pesos de los 498 millones, 801 mil, 265.31 pesos iniciales lo que indica una pérdida de 349 millones, 160 mil, 885.3 pesos (Tabla 4) .

Estos valores nos muestran que existen una reducción de la superficie cosechada de 8 mil, 982.6 hectáreas a cada 10% de superficie afectada, el volumen de producción se reduce a razón de 6 mil, 736.7 toneladas, mientras el valor de la producción disminuye 49 millones, 880 mil, 126.3 pesos.

Sombrerete es uno de los municipios más importantes para la agricultura en Zacatecas al ser uno de los municipios que mayor superficie de suelo destina a las actividades agrícolas (Coordinación Estatal de Planeación, 2019) para el caso del maíz grano obtuvo un promedio de superficie cosechada de 13 mil, 968.79 hectáreas, un volumen de producción de 25 mil, 562. 89 toneladas y un valor de producción de 93 millones, 567 mil, 830.53 pesos.

La pérdida en la superficie cosechada de maíz grano equivale a 1,396.7 hectáreas, el volumen de producción disminuye 2 mil, 555.89 toneladas, mientras la pérdida en el valor de la producción es igual a 9 millones, 356 mil, 783.53 pesos a cada 10% de afectación por sequía en la superficie agrícola. De esta manera cuando la superficie cosechada se reduce hasta un 70% (porcentaje de afectación registrado en los últimos episodios de sequía) el volumen de producción pierde un total de 17 mil, 891.23 toneladas y el valor de la producción tiene una pérdida de 65 millones, 497 mil, 484.71 pesos (Tabla 5).

Tabla 5. Disminución del volumen y valor de la producción de maíz grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Sombrerete.

Reducción de la superficie cosechada (ha)		Disminución en el volumen de producción (Ton)	Valor de la producción (Mill. \$)
10%	12,572	23,007	84,211,047
20%	11,175	20,450	74,854,264
30%	9,778	17,894	65,497,481
40%	8,381	15,338	56,140,698
50%	6,984	12,781	46,783,915
60%	5,588	10,225	37,427,132
70%	4,191	7,669	28,070,349
80%	2,794	5,113	18,713,566
90%	1,397	2,556	9,356,783
100%	0	0.00	0.00

Fresnillo

Este municipio se haya ubicado en el centro del estado, es de acuerdo al INEGI, 2020 el municipio con mayor densidad poblacional del estado con un total de 240 mil, 532 habitantes, es también el cuarto municipio más grande de la entidad con 5, 092.5 Km², de su superficie total, destina a la siembra 149 mil, 836 hectáreas lo que representa el 14.3% del total estatal convirtiéndolo en el primer municipio con mayor superficie total sembrada (COEPLA, 2019).

De 2003 a 2019 cosechó un promedio de 69,107.14 hectáreas, obtuvo un volumen de producción total de 38,347.21 toneladas con un valor de ésta de 240 millones, 155 mil, 155.26 pesos. El cultivo de temporal más importante del municipio fue el frijol con un promedio de 58,084.85 hectáreas cosechadas, seguido del maíz grano con 10 mil, 637 hectáreas cosechadas, el trigo grano con una media de 385.29 hectáreas y por último el sorgo con 0 hectáreas cosechadas.

La Tabla 6 y la Figura 7 siguientes muestran el comportamiento del volumen y el valor de la producción en el municipio cuando la superficie cosechada se ve disminuida por la sequía a diferentes porcentajes, en ellas podemos ver que a una afectación del 70% de la superficie cosechada (porcentaje que se registró en los últimos episodios de sequía en el estado) ésta disminuye hasta las 20,732.14, habiendo una pérdida de 48 mil, 375 hectáreas, mientras el valor de la producción disminuye hasta los 72.05 millones de pesos teniendo una pérdida de 168 millones, 155 mil, 155.21 pesos.

Estos datos varían en función del porcentaje afectado por la sequía, tomando diferentes valores hasta llegar a cero cuando la afectación es del 100% (Tabla 6 y Figura 7).

Tabla 6. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Fresnillo.

Reducción de la Superficie (%)	Reducción de la superficie cosechada (ha)	Disminución Valor de la producción (Mill. \$)
10%	62,196.42	216.14
20%	55,285.71	192.12
30%	48,374.99	168.11
40%	41,464.28	144.09
50%	34,553.57	120.08
60%	27,642.85	96.06
70%	20,732.14	72.05
80%	13,821.42	48.03
90%	6,910.71	24.02
100%	0	0.00

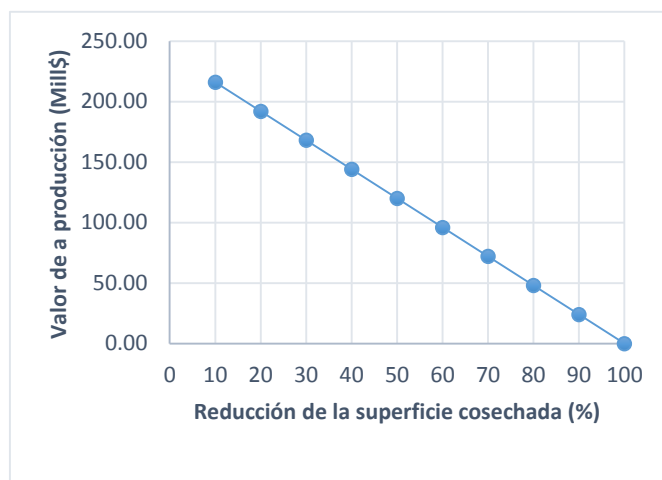


Figura 7. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Fresnillo.

El frijol fue el cultivo más sembrado en el municipio se cosecharon un promedio de 58 mil, 084.85 hectáreas, el rendimiento medio obtenido fue de 0.46 ton/ha con un volumen de producción de 26 mil, 719.03 toneladas y un valor de la misma igual a 197 millones, 823 mil, 163.29 pesos. La pérdida de la superficie cosechada a cada 10% de afectación es igual a 5 mil, 808.48 hectáreas, la reducción del volumen de producción equivale a 2 mil, 671.9 toneladas, mientras que la pérdida económica en el valor de la producción se estima en 19 millones, 782 mil, 316.33 pesos.

De acuerdo con estos valores, cuando la superficie cosechada disminuye hasta un 70% existe una pérdida de 40 mil, 659.39 hectáreas, pasando de las 58,084.85 a 17,425.46, mientras el volumen de producción cambia de 26,719.03 a 8,015.71 toneladas y el valor de ésta disminuye de 197 millones, 823 mil, 163.29 pesos a 59 millones, 346 mil, 948.99 pesos (Tabla 7).

Tabla 7. Disminución de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol a diferentes % de afectación por sequía en Fresnillo.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	52,276.37	24,047.13	178,040,846.96
20%	46,467.88	21,375.22	158,258,530.63

30%	40,659.40	18,703.32	138,476,214.30
40%	34,850.91	16,031.42	118,693,897.97
50%	29,042.43	13,359.52	98,911,581.64
60%	23,233.94	10,687.61	79,129,265.32
70%	17,425.46	8,015.71	59,346,948.99
80%	11,616.97	5,343.81	39,564,632.66
90%	5,808.49	2,671.90	19,782,316.33
100%	0.00	0.00	0.00

Fresnillo es el tercer municipio que mayor superficie de suelo siembra con cultivo de maíz grano de temporal, el promedio de superficie cosechada obtenido en este trabajo fue de 10,637 hectáreas, un volumen de producción igual a 11,381.59 toneladas y un valor de producción que alcanzó los 41 millones, 660 mil, 033.88 pesos, obteniendo un rendimiento promedio de 1.07 ton/ha. Las pérdidas en la superficie afectada por sequía, en el volumen de producción y en el valor de la producción a cada aumento de 10% de afectación por sequía equivalen a 1,063.7 hectáreas menos, 1,138.16 toneladas y a una disminución en el valor de la producción de 4 millones, 166 mil, 003 de pesos. Se estima entonces una pérdida en el volumen de producción de 7 mil, 967.12 toneladas y una pérdida económica igual a 29, 162, 021 millones de pesos, a un 70% de daño por sequía (Tabla 8).

Tabla 8. Disminución del volumen y valor de la producción de maíz a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Fresnillo.

Reducción de la superficie cosechada (ha)	Volumen de producción (Ton)	Valor de la producción (Mill. \$)	
10%	9,573.30	10,243.43	37,494,030.49
20%	8,509.60	9,105.27	33,328,027.10
30%	7,445.90	7,967.11	29,162,023.71
40%	6,382.20	6,828.95	24,996,020.33

50%	5,318.50	5,690.80	20,830,016.94
60%	4,254.80	4,552.64	16,664,013.55
70%	3,191.10	3,414.48	12,498,010.16
80%	2,127.40	2,276.32	8,332,006.78
90%	1,063.70	1,138.16	4,166,003.39
100%	0	0.00	0.00

Río Grande

Río Grande es el municipio número 39 de la entidad, se encuentra ubicado en la región centro-norte del estado, su superficie total es igual a 1, 838.7 Km², es el quinto municipio más poblado del estado con un total de 64, 535 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y geografía, 2020) y de acuerdo con la Coordinación Estatal de Planeación (Coepla, 2019) este municipio destina a las actividades agrícolas 69, 497,4 hectáreas, lo que lo convierte en el cuarto municipio con mayor superficie sembrada (el 6,6% del total estatal) y el tercero con más producción de frijol en el estado, aportando el 12,52 % del 100% estatal.

Los siguientes resultados muestran los datos obtenidos en relación a los cuatro cultivos de estudio. En el periodo de 2003-2019 Río grande obtuvo un promedio de superficie cosechada de frijol, maíz, sorgo y trigo grano igual a 65 mil, 923.96 hectáreas, un volumen de producción que alcanzó las 48 mil, 470.16 toneladas y un valor de producción igual a 328 millones, 600 mil, 896.14 pesos. El frijol es el cultivo más representativo en el municipio con un promedio de hectáreas cosechadas igual 61 mil, 212.09 hectáreas, seguido del maíz grano con 4,632.11, el trigo grano con 79.76 hectáreas cosechadas y el sorgo con 0 hectáreas.

Los resultados de las estimaciones indican una pérdida en la superficie cosechada de 6 mil, 592.4 hectáreas y una pérdida económica de 33 millones, 600 mil, 895.4 pesos cuando la superficie cosechada se ve reducida en un 10% en el municipio, de manera tal que cuando existe una reducción de ésta del 70% las a 65 mil, 923.96 hectáreas disminuyen hasta 19,777.18 habiendo una disminución de 46 mil, 146 78 hectáreas, mientras el valor de la producción baja hasta 98.58 millones de pesos

representando una pérdida de 230 millones, 600 mil, 895.56 pesos (Figura 8 y Tabla 9).

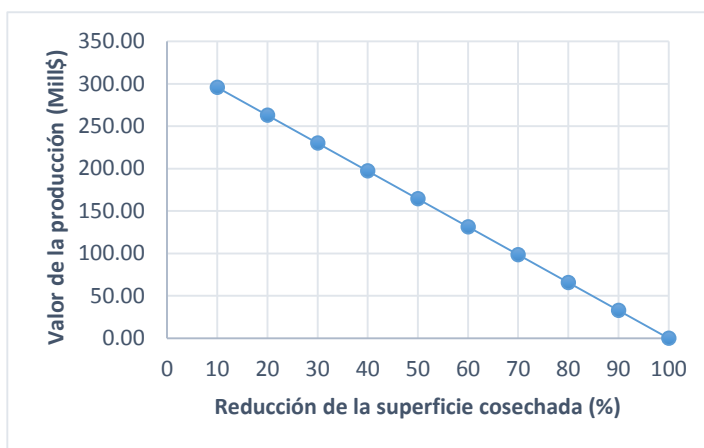


Figura 8. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Río Grande.

Tabla 9. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Río Grande.

Reducción de la superficie (%)	Reducción de la superficie (has)	Disminución en el valor de la producción (Mill \$)
10	59,331.56	295.74
20	52,739.16	262.88
30	46,146.77	230.02
40	39,554.37	197.16
50	32,961.98	164.30
60	26,369.58	131.44
70	19,777.18	98.58
80	13,184.79	65.72
90	6,592.39	32.86
100	0	0.00

Una de las características principales de este municipio es la de representar en el estado los puntos de venta estratégicos para el cultivo de frijol.

Con relación a este grano en el municipio se cosecharon un promedio de 61 mil, 212.09 hectáreas, obteniendo un volumen de producción igual a 40 mil, 399,98 toneladas, con un rendimiento promedio igual a 0.66 ton/ha., y un valor de la misma de 299 millones, 114 mil, 579,48 pesos. La pérdida de la superficie cosechada a cada 10% de afectación es igual a 5 mil, 808.48 hectáreas, la reducción del volumen de producción equivale a 2 mil, 671.9 toneladas, mientras que la pérdida económica en el valor de la producción se estima en 19 millones, 782 mil, 316.33 pesos.

De acuerdo con estos valores, cuando la superficie cosechada disminuye hasta un 70% existe una pérdida de 42 mil, 848.46 hectáreas, mientras el volumen de producción cambia hasta las 12,119.99 toneladas y el valor de ésta disminuye hasta los 89 millones, 734 mil, 373.84 pesos, lo que representa una disminución en el volumen de producción de 28 mil, 729.99 toneladas mientras el valor de la producción pierde un total de 209 millones, 380 mil, 205.64 pesos (Tabla 10).

Tabla 10. Disminución de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol a diferentes % de afectación por sequía en Río Grande.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	55,090.88	36,359.98	269,203,121.53
20%	48,969.67	32,319.98	239,291,663.58
30%	42,848.46	28,279.99	209,380,205.64
40%	36,727.25	24,239.99	179,468,747.69
50%	30,606.05	20,199.99	149,557,289.74
60%	24,484.84	16,159.99	119,645,831.79
70%	18,363.63	12,119.99	89,734,373.84
80%	12,242.42	8,080.00	59,822,915.90
90%	6,121.21	4,040.00	29,911,457.95

100%	0.00	0.00	0.00
------	------	------	------

Pinos

Ubicado al sureste del estado, el municipio de Pinos es el cuarto productor agrícola de temporal a nivel estatal, de 2003 a 2019 destinó a la siembra de temporal un total de 1 millón, 151 mil, 498.2 hectáreas. El promedio de superficie cosechada de los cuatro cultivos tratados fue igual a 52 mil, 597.62 hectáreas, el volumen de producción fue de 16,224.00 toneladas y el valor la producción de 89 millones, 995 mil, 620.28 pesos. El cultivo más representativo fue el frijol, se cosecharon en promedio 31 mil, 622.98 hectáreas, seguido del maíz con 18,909.34, el trigo grano en tercer lugar con 2,065.30 hectáreas cosechadas y por último el sorgo grano con 0 hectáreas registradas. De acuerdo con el INEGI, 2020 es el cuarto municipio más poblado de Zacatecas con un total de 72 mil, 241 habitantes, a diferencia de los anteriores municipios, la ubicación geográfica de éste le propicia precipitaciones pluviales mayores de 600 mm anuales en contraste de los 300-500 mm registrados en la zona centro- norte de la entidad.

Se muestra el comportamiento de la reducción de la superficie cosechada a diferentes porcentajes de afectación, haciendo énfasis en el 70% de la misma (promedio registrado en los últimos episodios de sequía en el estado) y la variación en el valor de la producción en el municipio. Se estima una reducción de la superficie y una pérdida del valor de la producción igual a 5 mil, 259.77 hectáreas y 8 millones, 995 mil, 620.28 pesos, respectivamente, a cada aumento del 10% de afectación por sequía. Así, cuando la afectación llega al 70% la reducción de la superficie cosechada es de 36 mil, 818.34 hectáreas y una pérdida en el valor de la producción igual a 62 millones, 995 mil, 620.28 pesos (Tabla 11 y Figura 9).

Tabla 11. Reducción de la superficie cosechada y del valor de la producción en el municipio de Pinos.

Reducción de la Superficie (%)	Reducción de la superficie (ha)	Disminución Valor de la producción (Mill. \$)
10	47337.858	81.00
20	42078.096	72.00
30	36818.334	63.00
40	31558.572	54.00
50	26298.81	45.00
60	21039.048	36.00
70	15779.286	27.00
80	10519.524	18.00
90	5259.762	9.00
100	0	0

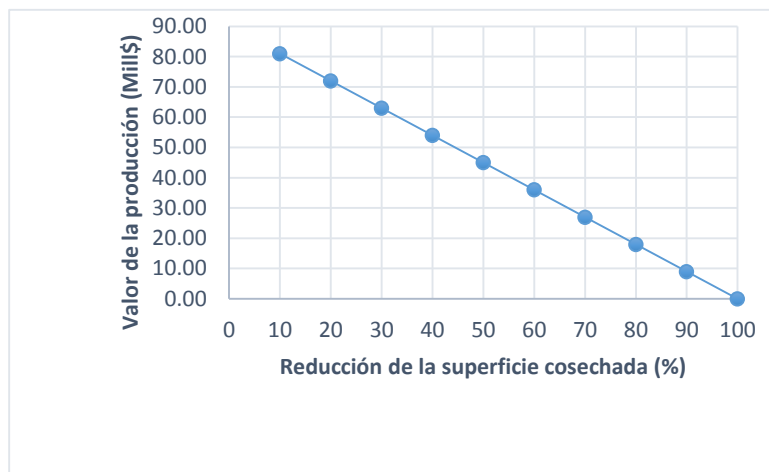


Figura 9. Reducción de la superficie cosechada y del valor de la producción en el municipio de Pinos.

En el periodo de 2003-2019 Pinos cosechó un promedio de superficie de frijol igual a 31 mil, 622.98 hectáreas, con un rendimiento medio de 0.27 ton/ha., un volumen de producción igual a 8,538.20 toneladas y un valor de ésta de 63 millones, 215 mil, 415.36 pesos. Los resultados de este trabajo indican que cuando la superficie se ve afectada en un 70% ésta disminuye a las 9,486.89 hectáreas lo que indica una reducción de 22 mil, 136.09 hectáreas, una disminución en el volumen de

producción de 5 mil, 976.74 toneladas, mientras el valor de la producción tiene una pérdida de 44 millones, 250 mil, 790.75 pesos (Tabla 12).

Tabla 12. Disminución de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol a diferentes % de afectación por sequía en Pinos.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	28,460.68	7,684.38	56,893,873.83
20%	25,298.38	6,830.56	50,572,332.29
30%	22,136.08	5,976.74	44,250,790.75
40%	18,973.78	5,122.92	37,929,249.22
50%	15,811.49	4,269.10	31,607,707.68
60%	12,649.19	3,415.28	25,286,166.15
70%	9,486.89	2,561.46	18,964,624.61
80%	6,324.59	1,707.64	12,643,083.07
90%	3,162.29	853.82	6,321,541.536
100%	0	0	0

Este municipio destaca también por su superficie destinada al cultivo de maíz grano de seco, para este periodo de estudio fue el primero en el estado al cosechar un promedio de 18 mil, 890.93 hectáreas, con un volumen de producción de 6 mil, 240.08 toneladas, con un rendimiento promedio de 0.33 ton/ha., y un valor de la producción igual a 22 millones, 840 mil, 572.88 pesos.

La pérdida de la superficie cosechada de maíz grano en este municipio es de 1,890.9 hectáreas, mientras que la pérdida en el volumen de producción equivale a 624 toneladas y la pérdida económica alcanza los 2 millones, 284 mil, 057 pesos a cada aumento del 10% de afectación por sequía, de esta manera cuando la superficie se ve afectada en un 40% los valores de estos parámetros se reducen hasta las 11,345.60 hectáreas, 3,744.05 toneladas, 13 millones, 704 mil, 343.73 pesos (Tabla 13).

Tabla 13. Reducción del volumen y valor de la producción de maíz a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Pinos.

Reducción de la superficie cosechada (ha)		Volumen de producción (Ton)	Valor de la producción (Mill. \$)
10%	17,018.41	5,616.07	20,556,515.59
20%	15,127.47	4,992.07	18,272,458.30
30%	13,236.54	4,368.06	15,988,401.01
40%	11,345.60	3,744.05	13,704,343.73
50%	9,454.67	3,120.04	11,420,286.44
60%	7,563.74	2,496.03	9,136,229.15
70%	5,672.80	1,872.02	6,852,171.86
80%	3,781.87	1,248.02	4,568,114.58
90%	1,890.93	624.01	2,284,057.29
100%	0.00	0.00	0.00

Miguel Auza

Este municipio ubicado al noroeste del estado es el quinto a nivel estatal en la producción agrícola de secano, en el periodo de 17 años de revisión el municipio obtuvo un promedio de superficie cosechada de 48 mil ,277.99 hectáreas, un volumen y valor de la producción igual a 36 mil, 935.28 toneladas y 250 millones, 323 mil, 538.69 pesos respectivamente. De acuerdo con la COEPLA, 2019 fue el cuarto municipio con mayor superficie sembrada de frijol en ese año agrícola, aportando el 8,84% del total estatal, dato que coincide con los resultados de este trabajo, del promedio total (48 mil, 277.99 hectáreas) 44 mil, 788.52 correspondieron al frijol, sólo 3 mil, 121.47 al maíz grano y una pequeña superficie de 368 hectáreas al cultivo de trigo en grano, al igual que los municipios anteriores, Miguel Auza no registró ningún año con siembra de sorgo grano.

Este municipio al igual que los anteriores y de acuerdo con los mapas de afectación por sequía en Zacatecas su superficie agrícola se ha visto afectada en un porcentaje

de 40-80% (Ortega Gaucin *et al*, 2019). Se observa que la reducción de la superficie a un 40% de afectación equivale a 19 mil, 311.2 mientras que a un 80% es igual a 38 mil, 622.4 hectáreas respectivamente, mientras el valor de la producción disminuye 100 millones, 323 mil, 538. 5 pesos llegando a los 150.19 millones de pesos, a una reducción de la superficie cosechada del 70% ésta disminuye 33 mil, 794. 6 hectáreas y el valor de la producción tuvo una pérdida igual a 175 millones, 323 mil, 253.59 pesos (Tabla 14 y Figura 10).

Tabla 14. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Miguel Auza.

Reducción de la Superficie (%)	Reducción de la superficie (ha)	Disminución Valor de la producción (Mill. \$)
10%	43,450.19	225.29
20%	38,622.39	200.26
30%	33,794.59	175.23
40%	28,966.79	150.19
50%	24,138.99	125.16
60%	19,311.19	100.13
70%	14,483.39	75.10
80%	9,655.59	50.06
90%	4,827.79	25.03
100%	0	0.00

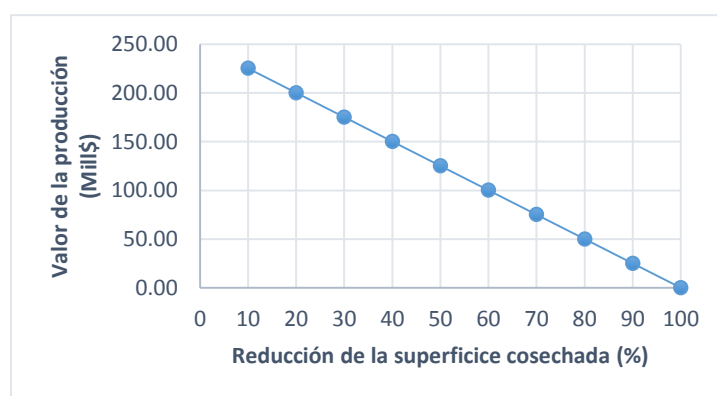


Figura 10. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Miguel Auza.

En relación al cultivo de frijol se observa que a una reducción de la superficie cosechada igual a 70%, ésta se reduce 31 mil, 351.95 hectáreas, pasando de 44,788.52 a 13,436.56, mientras tanto el volumen de producción pierde un total de 21 mil, 632.87 toneladas pasando de 30,904.08 a 9,271.22 toneladas, por otro lado, el valor de este cultivo disminuye de los 228 millones, 808 mil, 545.74 pesos a los 68 millones, 642 mil, 563.72 pesos, teniendo una pérdida de 160 millones, 165 mil, 982.02 pesos (Tabla 15).

Tabla 15. Valores en la disminución de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol a diferentes % de afectación por sequía en Miguel Auza.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	40,309.67	27,813.67	205,927,691.17
20%	35,830.82	24,723.26	183,046,836.59
30%	31,351.96	21,632.86	160,165,982.02
40%	26,873.11	18,542.45	137,285,127.45
50%	22,394.26	15,452.04	114,404,272.87
60%	17,915.41	12,361.63	91,523,418.30
70%	13,436.56	9,271.22	68,642,563.72
80%	8,957.70	6,180.82	45,761,709.15
90%	4,478.85	3,090.41	22,880,854.57
100%	0.00	0.00	0.00

General Francisco R. Murguía

De acuerdo con el INEGI, 2020 es el quinto municipio más grande de la entidad su superficie total corresponde a 4 mil, 835.8 Km², ubicado al noroeste de Zacatecas

es el cuarto municipio con mayor superficie sembrada (el 6.6% del total estatal) que equivale a 69 mil, 497.40 hectáreas (COEPLA, 2019).

De 2003 a 2019 obtuvo un promedio de superficie cosechada de 34 mil, 231.93 hectáreas de frijol, maíz, sorgo y trigo grano, un volumen de producción igual a 21,726.75 toneladas y un valor de la producción que alcanzó los 133 millones, 375 mil, 297.00 pesos. El cultivo más sobresaliente en el municipio fue el frijol con 27 mil, 185.11 hectáreas, seguido del maíz grano con 6 mil, 946.35, el trigo grano con 100.47 hectáreas cosechadas y por último el sorgo grano con 0 hectáreas registradas.

Cuando la superficie cosechada es afectada por sequía en un 70% ésta se reduce hasta las 10 mil, 269.579 hectáreas habiendo una pérdida de 23 mil, 962.36 hectáreas, mientras el valor de la producción sufre una disminución igual a 93 millones, 375 mil, 296.99 pesos, el comportamiento de estos parámetros varía en función al porcentaje de afectación pudiendo llegar a cero cuando la afectación es del 100% (Tabla 16 Figura 11).

Tabla 16. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de General Francisco R, Murguía.

Reducción de la Superficie (%)	Reducción de la superficie (ha)	Disminución Valor de la producción (Mill. \$)
10%	30,808.73	120.04
20%	27,385.54	106.70
30%	23,962.35	93.36
40%	20,539.15	80.03
50%	17,115.96	66.69
60%	13,692.77	53.35
70%	10,269.57	40.01
80%	6,846.38	26.68
90%	3,423.19	13.34
100%	0	0.00

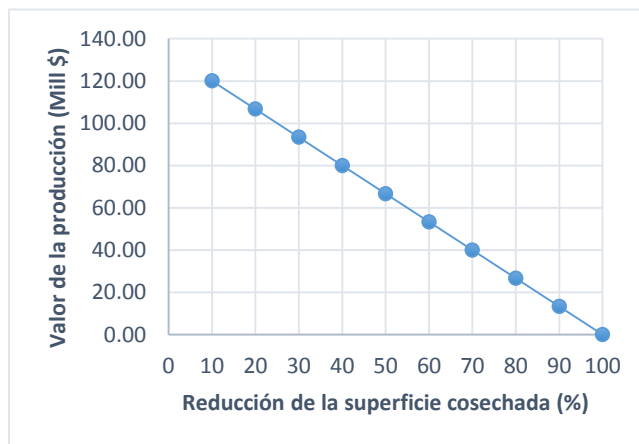


Figura 11. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de General Francisco R, Murguía.

En relación al cultivo de frijol en el municipio se cosecharon un total de 27 mil, 185.11 hectáreas, con un rendimiento medio de 0.53 ton/ha., se obtuvo un volumen de producción igual a 14 mil, 408.11 toneladas alcanzando un valor de producción igual a 106 millones, 675 mil, 184.47 pesos, cuando la superficie cosechada disminuye en un 40% se estima una pérdida de ésta de 10 mil, 874.04 hectáreas, pasando de las 27 mil, 185.11 a 16,311.07 hectáreas, una merma en el volumen de producción igual a 5 mil, 763.24 toneladas el cual disminuye hasta 8,644.86 toneladas, mientras el valor de la producción disminuye 42 millones, 670 mil, 073.6 pesos llegando a los 64 millones, 005 mil, 110.68 pesos (Tabla 17).

Tabla 17. Valores en la disminución de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol a diferentes % de afectación por sequía en Gral. Francisco R.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	24,466.60	12,967.30	96,007,666.03
20%	21,748.09	11,526.49	85,340,147.58
30%	19,029.58	10,085.68	74,672,629.13

40%	16,311.07	8,644.86	64,005,110.68
50%	13,592.56	7,204.05	53,337,592.24
60%	10,874.04	5,763.24	42,670,073.79
70%	8,155.53	4,322.43	32,002,555.34
80%	5,437.02	2,881.62	21,335,036.89
90%	2,718.51	1,440.81	10,667,518.45
100%	0.00	0.00	0.00

De esta manera se estima que a cada aumento de 10% en la pérdida de la superficie cosechada existe una pérdida de superficie igual a 2 mil, 718.51 hectáreas, una pérdida en el volumen de producción de 1 mil, 440.81 toneladas y una disminución en el valor de la producción de 10 millones, 667 mil, 518.4 pesos.

General Francisco R. es un municipio con una actividad agrícola importante, de acuerdo con los datos revisados en este trabajo, se encuentra entre los primeros 10 municipios que mayor porcentaje de suelo destinan a las actividades agrícolas, para el caso del maíz grano cosechó un promedio de 6,949.39 hectáreas, con un rendimiento medio de 1.04 ton/ha., obteniendo un volumen de producción de 7,224.20 toneladas con un valor de 26 millones, 442 mil 753.90 pesos. La afectación por la sequía provoca una reducción de la superficie cosechada en este municipio de 694.63 hectáreas, una disminución en el volumen de producción igual a 722.42 toneladas, mientras la pérdida en el valor de la producción es de un total de 2 millones, 644 mil, 275.39 pesos a cada aumento de un 10% de área agrícola dañada por la sequía, de manera tal que a un 70% de afectación por la sequía el volumen de producción disminuye a 5 mil, 056.9 toneladas y el valor de la producción tiene una pérdida de 18 millones, 509 mil, 927.73 pesos (Tabla 18).

Tabla 18. Disminución de volumen y valor de la producción de maíz grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de General Francisco R.

Reducción de la superficie cosechada (ha)	Volumen de producción (Ton)	Valor de la producción (Mill. \$)
--	------------------------------------	--

10%	6,251.72	6,501.78	23,798,478.51
20%	5,557.08	5,779.36	21,154,203.12
30%	4,862.45	5,056.94	18,509,927.73
40%	4,167.81	4,334.52	15,865,652.34
50%	3,473.18	3,612.10	13,221,376.95
60%	2,778.54	2,889.68	10,577,101.56
70%	2,083.91	2,167.26	7,932,826.17
80%	1,389.27	1,444.84	5,288,550.78
90%	694.64	722.42	2,644,275.39
100%	0.00	0.00	0.00

Villa de Cos

Este municipio es el segundo más grande a escala estatal con 6,669.4 Km², ubicado al noreste de la entidad (INEGI, 2020) de acuerdo con la revisión de este trabajo fue el séptimo productor de estos cultivos al destinar para su siembra un total de 666 mil, 652.3 hectáreas y cosechar un promedio de 30 mil, 096.43 hectáreas, de este promedio obtuvo un volumen de producción de 8 mil, 887.35 toneladas y un valor de producción igual a 56 millones, 887mil, 343.6 pesos. Destaca la superficie destinada al cultivo de frijol con un promedio de superficie cosechada de 25 mil, 046.38 hectáreas, seguido del maíz con 5 mil, 005.76 hectáreas y el trigo con 44.29 y sin registro de siembra para el sorgo grano.

Villa de Cos también se haya dentro de la región del estado con frecuencia de episodios severos de sequía, teniendo afectaciones de 40 hasta 80% en la superficie agrícola (Ortega Gaucin *et al*, 2019). Se calcula una pérdida de la superficie cosechada igual a 21 mil, 067.51 hectáreas y una pérdida económica de 39 millones, 887 mil, 343.53 pesos a una afectación del 70% (Tabla 19 y Figura 12).

Tabla 19. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Villa de Cos.

Reducción de la Superficie (%)	Reducción de la superficie (ha)	Disminución Valor de la producción (Mill. \$)
10%	27,086.78	51.20
20%	24,077.14	45.51
30%	21,067.50	39.82
40%	18,057.85	34.13
50%	15,048.21	28.44
60%	12,038.57	22.75
70%	9,028.92	17.07
80%	6,019.28	11.38
90%	3,009.64	5.69
100%	0	0.00

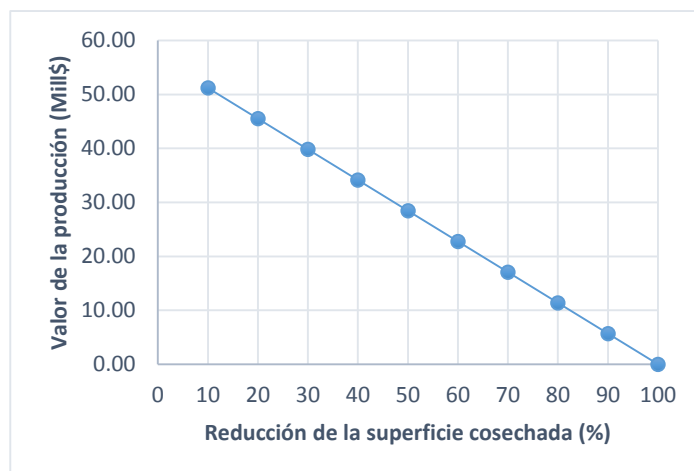


Figura 12. Reducción de la superficie cosechada y valor de la producción en el municipio de Villa de Cos.

Respecto al cultivo de frijol, en el periodo de 17 años, en el municipio se cosecharon un promedio de 25 mil, 046.38 hectáreas, con un rendimiento medio de 0.26 ton/ha., un volumen de producción de 6 mil, 512.05 toneladas y un valor de 48 millones, 214 mil, 176.3 pesos. Cuando la superficie cosechada se ve reducida en un 70%, ésta se reduce hasta las 7, 513.91 hectáreas consecuencia de la sequía, existe una pérdida de esta superficie igual a 17 mil, 532.47 hectáreas, mientras el volumen de producción disminuye hasta las 1, 953.61 toneladas lo que indica una pérdida de 5

mil, 209.64 toneladas y el valor de la producción disminuye hasta los 14 millones, 464 mil, 252.9 pesos habiendo una pérdida económica de 33 millones, 749 mil, 923.4 pesos (Tabla 20).

Tabla 20. Valores en la disminución de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol a diferentes % de afectación por sequía en Villa de Cos.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	22,541.74	5,860.85	43,392,758.7
20%	20,037.10	5,209.64	38,571,341
30%	17,532.46	4,558.44	33,749,923.4
40%	15,027.82	3,907.23	28,928,505.8
50%	12,523.19	3,256.02	24,107,088.2
60%	10,018.55	2,604.82	19,285,670.5
70%	7,513.91	1,953.61	14,464,252.9
80%	5,009.27	1,302.41	9,642,835.26
90%	2,504.63	651.20	4,821,417.63
100%	0	0	0

De los siete municipios que más superficie de suelo sembraron en este periodo de estudio, Pinos es el único que tiene una ubicación geográfica diferente al resto, se ubica en el sureste del estado, la precipitación anual media en la región registra entre 400-500 milímetros, mientras que el resto de los municipios se hayan ubicados al centro y norte del estado que anualmente registra los promedios más bajos de precipitación de entre 300-400 milímetros.

Se muestra a modo de comparación el impacto económico para cada uno de los siete municipios con mayor superficie cosechada de estos cuatro cultivos en el estado a una afectación del 70%.

Como se observa el municipio de Sombrerete fue el más afectado al perder 33 mil, 438 hectáreas de cultivo y más de 190 millones de pesos, le siguen fresnillo con una pérdida de más de 20 mil hectáreas y 72 millones de pesos, mientras el que tuvo menor afectación fue Villa de Cos con una reducción de la superficie cosechada igual a 9, 028.92 hectáreas y una pérdida en el valor de la producción de 17.07 millones de pesos (Tabla 21).

Tabla 21. Impacto económico en los principales municipios productores en el estado

Municipio	Reducción de la superficie cosechada (has)	Perdida en el valor de la producción (Mill. \$)
Sombrerete	33,438	190.43
Fresnillo	20,732.14	72.05
Río Grande	19,777.18	98.58
Pinos	15,779.28	27.00
Miguel Auza	14,483.39	75.10
General Francisco R.	10,269.57	40.01
Villa de Cos	9,028.92	17.07

En relación al estado de vulnerabilidad de estos municipios se observó que los 7 presentan condiciones naturales que los predisponen a tener afectaciones en las actividades agrícolas, debido principalmente a las características de clima dominantes en la región y a la poca precipitación, por otro lado, Fresnillo es el municipio que más población expuesta a este fenómeno presenta, al ser el municipio más poblado de la entidad, situación en la que también se encuentran Pinos, Río Grande y Sombrerete, en relación a la superficie de temporal sensible de ser afectada el municipio que resulta más afectado es Sombrerete, seguido de Fresnillo, Río Grande, Pinos y el menos sensible corresponde a Villa de Cos al destinar una menor superficie de suelo a la agricultura de secano, por otro lado a nivel estatal el cultivo más expuesto es el del frijol con más de 13 millones de hectáreas de temporal, seguido del maíz grano, trigo y sorgo grano.

El segundo elemento en la ecuación de la vulnerabilidad corresponde a la sensibilidad, de acuerdo con la literatura, en el sector agrícola se pueden considerar como elementos sensibles; el porcentaje de superficie destinado a las actividades primarias, el porcentaje de esta superficie que es de temporal, los rendimientos promedio de los cultivos de temporal, y la probabilidad de bajos rendimientos en éstos.

Respecto a los resultados de este trabajo y para los cultivos estudiados de 2003 a 2019 en Zacatecas se sembró una superficie de frijol, maíz grano, sorgo grano y trigo grano de temporal igual a 13 millones, 509 mil, 871.02 hectáreas, de las cuales 9 millones, 628 mil 074.33, correspondieron al cultivo de frijol, 3 millones, 635 mil, 444.18 a maíz grano, 15 mil, 335 al cultivo de sorgo grano y 231 mil, 017.5 hectáreas al cultivo de trigo grano, de estos datos destaca la relevancia del cultivo de frijol en la entidad, del cual ocupa el primer lugar a nivel nacional en su producción, seguido del maíz el cuál se siembra en un 27,3% de la superficie total, de acuerdo con Luna Flores *et al.* (2012) menciona que en Zacatecas sólo el 5% de la superficie sembrada con frijol cuenta con riego, mientras el 95% restante corresponde a siembra de temporal, además de que la superficie de riego genera sólo el 17% del valor total de la producción de frijol en el estado.

Por otro lado, Ortega Gaucin *et al.* (2021) mencionan que en Zacatecas 25,6 millones de hectáreas son de secano (79% de la unidades de producción) mientras el 21% restante es de riego (6,8 millones de hectáreas).

Los rendimientos promedio de 2003- 2019 de los cultivos revisados a escala estatal corresponden a 0.37 toneladas para el cultivo de frijol, para maíz grano es de 1.22 toneladas, para sorgo grano fue de 0.47 y para el trigo grano fue de 0.33 toneladas por hectárea.

A pesar de que Zacatecas es el primer productor nacional de frijol, los rendimientos que los agricultores obtienen de este cultivo están por debajo de la media nacional, debido principalmente a la escasa disponibilidad de agua en los principales municipios productores de este alimento. De acuerdo con datos de la Secretaría de Desarrollo Rural, 2017, el promedio nacional de frijol corresponde a 1.05 toneladas,

para el maíz grano este valor es de 2,2 toneladas (Montesillo, 2016), mientras que para el sorgo y el trigo corresponden a 3,25 toneladas y a 1.96 toneladas, respectivamente lo que pone en evidencia la sensibilidad de la agricultura de temporal en el estado. Solano, *et al*, s.a. menciona que dependiendo de la severidad de la sequía la disminución en el rendimiento de los cultivos puede alcanzar de 20% a 30%, y en casos extremo entre un 40 y 45%, en algunas ocasiones cuando la sequía se presenta con mayor severidad en las fases de desarrollo determinantes, como la floración y la formación de semilla se puede llegar a la pérdida total de la cosecha.

Por otro lado, es importante mencionar que el papel principal de la agricultura en el estado es el de la subsistencia, de la cual los productores y sus familias obtienen los granos básicos para su alimentación (frijol y maíz, principalmente), cuando los rendimientos se ven reducidos también se ve afectada la seguridad alimentaria de la población rural, al ser ésta la que depende más de este tipo de actividades económicas. De acuerdo con Santillán García *et al.* (2019) la producción nacional de frijol ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual, de 1980 a 2017, de -4.95%, en contraste, las importaciones de frijol se incrementaron 9.7%, de 2017 al 2018, en este último año, las importaciones rebasaron a las exportaciones en 225 por ciento. En 2018, las importaciones alcanzaron 165 mil toneladas, mientras que las exportaciones registraron sólo 50.7 mil toneladas. Estos datos ponen en evidencia la escasa participación de los productores del estado en el mercado internacional, a causa principalmente de las dificultades que tienen para la comercialización de sus productos.

Respecto a los rendimientos obtenidos por cultivo y año de revisión, se observa que en el año 3 y 9, que corresponden al año 2005 y 2011 respectivamente, el rendimiento de los cultivos estudiados se vieron disminuidos con relación a los otros años, en el caso del frijol el valor medio fue de 0.17 y 0.20 toneladas por hectárea para 2005 y 2011, mientras que para el maíz grano estos valores fueron de 0.56 y 0.58 toneladas en esos mismos años; para el caso del cultivo de sorgo grano fue de 0.28 y 0.33 ton/ha., mientras que para el trigo grano el rendimiento en esos años

correspondió a 0.18 y 0.09 ton/ha (SADER, 2017) como se observa estos valores se encuentran por debajo de la media estatal obtenida para el mismo periodo de tiempo (Figura 13).

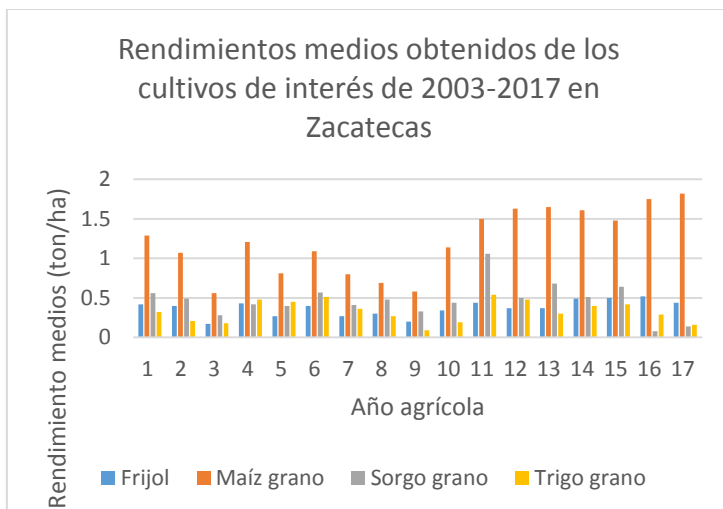


Figura 13. Rendimientos medios anuales de frijol, maíz, sorgo y trigo grano de 2003-2017 en Zacatecas.

La sensibilidad considera también aspectos relacionados a las condiciones de la población involucrada, como la densidad poblacional de la región, el porcentaje de esta población que depende de las actividades primarias y la población en condiciones de pobreza, ya que son éstas las que en gran medida determinan el grado en que un sistema puede verse afectado al empeorar o disminuir los efectos del fenómeno (Monterroso *et al*, 2012). Al respecto y como resultado de este trabajo y de acuerdo a la revisión de los datos del Instituto de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) el estado de Zacatecas tiene una población total de 1 millón, 622 mil, 138 habitantes, los municipios con mayor población de acuerdo a esta institución son; Fresnillo con un total de 240 mil 532 habitantes, Guadalupe con 211 mil, 740 habitantes, Zacatecas con 149 mil, 607, Pinos con un total de 72, 241, Río Grande con 64, 535, Sombrerete con 63 mil 665 y Jerez con 59, 910 habitantes. De los siete municipios más poblados de la entidad, cuatro de ellos (Fresnillo, Río Grande, Sombrerete y Pinos) se encuentran también dentro de los municipios con mayor actividad agrícola de temporal en la entidad.

Respecto a la población vinculada a las actividades agrícolas y las unidades de producción afectadas Ortega Gaucin *et al.* (2021) obtuvieron como resultados que existen en el estado al menos 12 municipios que tienen grados muy altos de exposición a la sequía, estos municipios coinciden con los principales productores de frijol y de maíz grano, principalmente, además de que en ellos se concentra el 59,9% de las unidades de producción de temporal y el 59,7% de las personas dependientes de la agricultura de secano. Por otro lado, de acuerdo con el INEGI, 2017, el 24.5% del total de la población económicamente activa en el estado se desarrolla en actividades del sector agropecuario.

Con relación al déficit en los rendimientos de estos cultivos Luna flores *et al.* (2012) reportaron el incremento de 543 has de superficie siniestrada de frijol por cada milímetro de precipitación menos, de la misma manera que observó que los rendimientos más altos de este cultivo coincidían con los años en los que el volumen de precipitación fue más elevado (1981, 1984, 1990, 1991, 2003, 2006, 2008) y los más bajos cuando las precipitaciones fueron bajas (1980, 1989, 1992, 1997, 2005). Por su parte Ortega Gaucin *et al.* (2019) mencionan que la probabilidad de déficit para estos cultivos en la zona centro del estado en el año 2011 (año con sequía más severa) era mayor del 90%, mientras que para el año 2019 este valor fue menor a 20%, lo que corrobora la relación directa que existe entre el fenómeno de la sequía en la agricultura de temporal en el estado, los rendimientos que se obtienen de ella y el grado de sensibilidad presente en Zacatecas. Es necesario mencionar que las causas por las que se ve mermado el rendimiento de frijol en el estado son variables, entre ellas, la presencia de plagas y el daño por heladas, sin embargo, la variable que más influye y la que aparece más constante es la falta de precipitación durante el ciclo de cultivo pues en el estado sólo el 5% de la superficie sembrada con frijol cuenta con riego, mientras el 95% restante corresponde a siembra de temporal, mientras que para el cultivo de maíz grano en el estado el 88% corresponde a siembra de temporal.

Por otra parte, la capacidad adaptativa constituye el tercer componente de la vulnerabilidad, es en sí el elemento que contrarresta el impacto potencial del

fenómeno. Una mayor capacidad de adaptación con respecto a la exposición y a la sensibilidad resultará en una menor vulnerabilidad (Ortega Gaucin *et al.*, 2018). Este elemento comprende la revisión de las condiciones de la actividad agrícola, de sus principales actores y de sus capacidades para enfrentar el impacto de este fenómeno natural, principalmente a través del acceso a créditos, de la asesoría técnica y la facilidad para la comercialización de sus productos; en general se refiere a condiciones que favorezcan el desarrollo de este sector y de la población involucrada en su conjunto.

En este sentido de acuerdo con Llamas Gonzáles (2012) en las décadas de los 80s y 90s la entidad comenzó una profunda crisis agrícola, resultado de las nuevas políticas neoliberales que se caracterizó por una disminución de los cultivos de los granos básicos como el maíz y el frijol, la reducción del crédito agrícola, el retiro de los subsidios y la llamada reconversión productiva, de acuerdo con este autor para el año 2010 el frijol y el maíz habían sido sustituidos por cultivos de forrajes como la avena y el agave, debido principalmente a que estos cultivos son menos sensibles que los anteriores a la deficiencia de lluvia o a la mala distribución de ésta en el ciclo de cultivo, esto ha provocado la migración de trabajadores del campo, principalmente hacia Estados Unidos.

De acuerdo con la SAGARPA (2008-2010) de 1985-2003 (salvo en los años 1989, 1992 y 2001), se sembraron en el estado entre 634 000 y 759 000 ha de frijol de seco; luego la superficie bajo a menos de 600 000 ha, como consecuencia de la siembra de 200 000 hectáreas con avena forrajera, maíz forrajero, cebada para grano y trigo, como efecto del programa de reconversión productiva.

Por su parte, Ortega Gaucin *et al.* (2021) menciona que del total de las unidades de producción en la entidad el 45,68% de éstas presentaron dificultad para acceder a préstamos y seguros; el 37,12% tuvo problemas para comercializar sus productos; el 27,43% carece de infraestructura productiva suficiente y el 18,22% son inadecuados para la producción, por otro lado estos autores mencionan que menos del 2.0% de la superficie agrícola en la entidad cuenta con asistencia técnica,

como uso de maquinaria, fertilizantes, semillas mejoradas y tratamientos fitosanitarios.

Otras de las problemáticas de los productores del estado, son los costos de producción que deben enfrentar los agricultores, en estados como Zacatecas y Durango, la preparación del terreno, siembra de la semilla, deshierbe y aplicación de agroquímicos se realiza por medio del uso del tractor y sus implementos, por lo que necesariamente el productor debe invertir en combustibles, aceite y refacciones para llevar a cabo su actividad productiva. Otros insumos importantes son los agroquímicos, en particular herbicidas y fertilizantes.

Se muestran también el impacto económico por cultivo estudiados en este trabajo.

Frijol

A nivel estatal el cultivo de frijol se siembra prácticamente en todos los municipios del estado aunque con mayor predominancia y mayor superficie en la región centro y noroeste. Para el periodo de 2003-2019 Zacatecas tuvo un promedio de superficie cosechada de 8,428.53 hectáreas con un rendimiento promedio de 0.37 toneladas por hectárea, un volumen de producción igual a 3,118.55 toneladas y un valor de la producción que alcanzó los 23 millones, 089 mil, 259.21 pesos.

Cuando hay una afectación de 70%, la reducción de la superficie cosechada en este cultivo equivale a 5 mil, 899.98 hectáreas, la disminución en el volumen de producción es igual a 2 mil, 182.99 toneladas, mientras el valor de la producción presenta una pérdida de 16 millones, 162 mil, 481 pesos; de esta manera a nivel estatal la superficie cosechada disminuye de 8, 428.53 a 2, 528.55 hectáreas, el volumen de producción disminuye de 3,118.55 a 935.56 toneladas y el valor de la producción de 23 millones,089 mil, 259.21 a 6 millones, 926 mil, 777.76 pesos (Tabla 22).

Tabla 22. Valores medios de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de frijol y la disminución en estos valores a diferentes % de afectación por sequía en el estado.

Reducción de la Superficie cosechada (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	7,585.67	2,806.70	20,780,333.29
20%	6,742.82	2,494.84	18,471,407.37
30%	5,899.97	2,182.98	16,162,481.45
40%	5,057.11	1,871.13	13,853,555.53
50%	4,214.26	1,559.27	11,544,629.6
60%	3,371.41	1,247.42	9,235,703.68
70%	2,528.55	935.56	6,926,777.76
80%	1,685.70	623.71	4,617,851.84
90%	842.85	311.85	2,308,925.92
100%	0	0	0

En este periodo de revisión Sombrerete es el municipio que mayor superficie de suelo agrícola destinó al cultivo de frijol, este municipio cosechó un promedio de 89 mil, 827.61 hectáreas con un rendimiento medio de 0.75 toneladas, le siguen los municipios de Río Grande con 61 mil, 212.09 hectáreas cosechadas y un rendimiento medio de 0.66 toneladas, Fresnillo aparece dentro de los principales productores de frijol con un promedio de 58 mil,084.85 hectáreas cosechadas y un rendimiento medio de 0.46 toneladas, además de los municipios de Miguel Auza, Juan Aldama y General Francisco R.

La Tabla 23 muestra además de los valores arriba mencionados, el volumen de producción y el valor de la producción para el frijol en estos municipios, como es de esperarse a mayor superficie cosechada y mayor rendimiento, mayores son los valores de volumen de producción y valor de la producción, en este caso Sombrerete sigue teniendo los valores más elevados para estas dos variables igual a 67 mil, 370.71 toneladas y 498 millones, 801 mil, 265. 21 pesos respectivamente, seguido de Río Grande, Fresnillo, Miguel Auza, Juan Aldama y General Francisco R.M.

Tabla 23. Valores medios de superficie cosechada, rendimiento, volumen y valor de producción obtenidos para el cultivo de frijol en los principales municipios productores del estado.

Municipio	Promedio de superficie cosechada (has)	Promedio de rendimiento (ton/ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la producción (Mill \$)
Sombrerete	89,827.61	0.75	67,370.71	498,801,265.31
Río Grande	61,212.09	0.66	40,399.97	299,114, 579.00
Fresnillo	58,084.85	0.45	26,719.03	197,823,163.00
Miguel Auza	44,788.52	0.69	30,904.07	228,808,546.00
Juan Aldama	32,781.33	0.64	20,980.05	155,332,732.00
Gral. Francisco R.M	27,185.11	0.53	14,408.10	106,675,184.00

Se muestra una comparación del impacto económico representado por la pérdida de la superficie cosechada, la disminución en el volumen de producción y la pérdida en el valor de la producción cuando la superficie cosechada es afectada en un 70% a causa de la sequía agrícola en los principales municipios productores de frijol y a nivel estatal en Zacatecas (Tabla 24).

Tabla 24. Comparación del impacto económico de la sequía a nivel estatal y en los principales municipios productores de frijol en Zacatecas.

Municipio	Pérdida de la superficie cosechada (has)	Disminución en el volumen de producción (ton)	Pérdida en el valor de la producción (Mill \$)
Sombrerete	62,879.61	47,159.71	349,160,885.31
Río Grande	42,848.46	28,279.99	209,380,205.64
Fresnillo	40,659.39	18,703.32	138,476,214.3
Miguel Auza	31,351.96	21,632.86	160,165,982.02
Juan Aldama	22,946.93	14,686.03	108,732,912.74
Gral. Francisco R.	19,029.58	10,085.68	74,672,629.13
Estatal	5,899.98	2,182.99	16,162,481.45

Estos resultados muestran que el impacto económico de la sequía es más severo en aquellas regiones donde la actividad agrícola es mayor, en el caso de Zacatecas y para el cultivo de frijol de temporal, Sombrerete es el municipio que mayor pérdida de superficie, de volumen y de valor de producción tiene al ser el municipio que mayor superficie de suelo destina a la siembra de este cultivo, le siguen en orden de mayor afectación los municipios de Río Grande, Fresnillo, Miguel Auza, Juan Aldama y General Francisco R. Murguía.

Maíz grano

Para el estado de Zacatecas el cultivo de maíz representa una importante actividad socio-económica, este grano se destina principalmente al autoconsumo de la población en las comunidades rurales de la región y en menor proporción como alimento para ganado.

En el ciclo agrícola 2019, Zacatecas registró una superficie de siembra de maíz grano igual a 101,231 hectáreas, lo que lo convierte en el tercer estado en la producción de este alimento a nivel nacional (Coordinación Estatal de Planeación, 2019). Del área total destinada a la siembra de este grano el 88% es bajo condiciones de temporal, lo que equivale a 89 mil, 083.28 hectáreas, casi en su totalidad con variedades nativas que la población ha ido seleccionando y preservando año tras año (Reveles Torres *et al.* 2014).

De 2003 a 2019 Zacatecas obtuvo un promedio de superficie cosechada de maíz grano de temporal igual a 2,951.2 hectáreas, con un rendimiento medio de 1.22 toneladas un volumen de producción medio de 3,600.4 toneladas y un valor de producción que alcanzó los 13 millones, 178 mil 778. 38 pesos.

La Tabla 25 muestra los datos mencionados y la disminución en el volumen de producción y en el valor de la misma cuando la superficie cosechada de este grano disminuye a diferentes porcentajes como consecuencia de la sequía en el estado.

Tabla 25. Resultado de los valores medios de volumen y valor de la producción de maíz grano y la disminución en estos valores a diferentes % de afectación por sequía en el estado.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	2,656.08	3,240.41	11,860,900.54
20%	2,360.96	2,880.37	10,543,022.7
30%	2,065.84	2,520.32	9,225,144.865
40%	1,770.72	2,160.27	7,907,267.028
50%	1,475.6	1,800.23	6,589,389.19
60%	1,180.48	1,440.18	5,271,511.352
70%	885.36	1,080.13	3,953,633.514
80%	590.24	720.09	2,635,755.676
90%	295.12	360.04	1,317,877.838
100%	0	0	0

De acuerdo con las estimaciones realizadas, cuando la superficie se ve reducida hasta en un 40% a causa de la sequía agrícola la superficie cosechada disminuye de las 2, 951.2 hectáreas iniciales a 1, 770.72 habiendo una pérdida de 1, 180.5 hectáreas, el volumen de producción inicial disminuye hasta 2,160.27 toneladas teniendo una disminución de 1, 440.19 toneladas y el valor de la producción pierde una total de 5 millones, 271 mil, 511. 36 pesos, llegando hasta los 7, millones, 907mil, 267.02 pesos.

Como se puede observar a cada 10% de afectación por sequía se pierde una superficie de 295.12 hectáreas de cultivo, un volumen aproximado de 360 toneladas y el valor de la producción disminuye 1 millón, 317 mil 877.83 pesos, de esta manera los valores promedio iniciales disminuyen hasta llegar a cero en función del aumento del daño por la sequía.

En relación con los resultados de este trabajo los municipios que destacan por la superficie de suelo que destinan al cultivo de este grano bajo condiciones de secano son; Pinos, Sombrerete, Fresnillo, General Francisco R., Valparaíso y Ojocaliente.

Se muestra a modo de comparación el impacto económico de la sequía en los principales municipios productores de maíz grano y a nivel estatal cuando la superficie cosechada disminuye un 70% a causa de la sequía (Tabla 26).

Tabla 26. Comparación del impacto económico de la sequía en los principales municipios productores de maíz grano y a nivel estatal en Zacatecas.

Municipio	Pérdida de la superficie cosechada (has)	Disminución en el volumen de producción (ton)	Pérdida en el valor de la producción (Mill \$)
Pinos	13,236.54	4,368.06	15,988,401.02
Sombrerete	9,777.79	17,893.89	65,497,481.53
Fresnillo	7,445.9	7,967.11	29,162,023.72
Gral. Francisco R.	4,862.44	5,056.94	18,509,927.73
Estatal	2,065.84	2,520.33	9,225,144.87

El municipio con mayor pérdida económica corresponde a Sombrerete, al perder más de 65 millones de pesos en el valor de la producción cuando la afectación por sequía es del 70%, seguido del municipio de Fresnillo, General Francisco R y por último Pinos, respecto a este municipio (el que mayor superficie destina a este cultivo) se observa una mayor pérdida de la superficie agrícola en comparación con los otros tres, sin embargo la pérdida económica es menor debido a los bajos rendimientos que se obtienen de este cultivo en este municipio. De acuerdo con Servín Palestina *et al*, 2019 el estrés hídrico es uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento del maíz, especialmente durante los periodos de formación de espigas y llenado de granos, lo que resulta en una reducción significativa del rendimiento.

Sorgo grano

En este período de estudio en Zacatecas el promedio de la superficie cosechada de sorgo grano fue de 14.22 hectáreas, con un rendimiento medio de 0.47 toneladas por unidad de superficie, un volumen de producción de 6.68 toneladas y un valor de la producción igual a 22 mil, 385.78 pesos.

El cultivo de sorgo grano en el estado se observa más presente en la región sur del mismo, de los resultados obtenidos se observó que los cinco municipios que mayor superficie de suelo destinan a este cultivo son; Jalpa, Apozol, Huanusco, Moyuahua de Estrada y Tabasco, estos municipios ubicados al sur del estado donde las precipitaciones medias anuales se encuentran entre los 600-800 mm presentaron en los años con episodios de sequía más severos porcentajes de superficie afectada por sequía de entre 25-40% (Ortega- Gaucin *et, al.* 2019) los cuales son menores a los porcentajes observados en los municipios ubicados en el centro y norte de la entidad.

De acuerdo con las estadísticas consultadas de 2003-2019, el cultivo de este grano ha disminuido considerablemente, tanto en el número de municipios que lo cultivan como en la superficie que se destina a su siembra, en los últimos dos años de estudio (2018 y 2019) sólo se registraron 20 y 18 hectáreas sembradas respectivamente.

De acuerdo con las estimaciones realizadas para este trabajo, en el caso del sorgo grano a cada aumento de 10% de daño en la superficie cosechada se tiene una pérdida de ésta de 1.43 hectáreas, una disminución en el volumen de producción igual a 0.67 toneladas y la pérdida económica en el valor de la producción es de 2 mil, 238.58 pesos, de manera tal que cuando la superficie agrícola en la región es afectada en un 40% los valores del volumen de producción y valor de la misma disminuyen hasta las 4.01 toneladas y los 13 mil, 431.46 pesos, evidenciando una pérdida de 2.68 toneladas y 8 mil, 954.32 pesos (Tabla 27).

Tabla 27. Disminución de volumen y valor de la producción de sorgo grano a diferentes % de afectación por sequía en el estado.

Reducción de la superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la producción (Mill. \$)
10%	12.79	6.01	20,147.20
20%	11.37	5.34	17,908.62
30%	9.95	4.67	15,670.04
40%	8.53	4.01	13,431.46
50%	7.11	3.34	11,192.89
60%	5.688	2.67	89,54.31
70%	4.266	2.00	67,15.73
80%	2.844	1.33	44,77.15
90%	1.422	0.66	22,38.57
100%	0	0	0

Gutiérrez *et al.*(1997) menciona que el estado de Zacatecas posee de manera natural debido a su ubicación geográfica características poco favorables para el cultivo de sorgo, entre estas características menciona, los suelos poco profundos (menos de 50 cm) sin capacidad de retener humedad, pobres en materia orgánica (menor al 1%), las temperaturas nocturnas bajas de entre 14 y 18°C y las heladas tempranas que generalmente comienzan después del 20 de octubre lo que reduce el ciclo de cultivo entre 90 a 120 días reduciendo las horas calor necesarias, una de las variables predominantes en todo el estado y que influye de manera directa en el establecimiento y el buen rendimiento de sorgo en Zacatecas es la precipitación, la cual de acuerdo con el autor se observa escasa (entre 300-550mm anuales) y mal distribuida, el 45% de ésta se presenta generalmente del 21 de junio al 15 de agosto, el 30% del 16 de agosto al 30 de septiembre y el 25% restante el resto del año. Este autor señala la importancia de generar variedades de sorgo precoz y resistente a la sequía para poder adaptarse a la región semiárida del estado de Zacatecas.

Las tablas siguientes muestran los valores obtenidos de promedio de superficie cosechada, volumen de producción y valor de la producción de este grano en el periodo de 17 años de revisión, además contiene los valores de la disminución de

estas variables a diferentes porcentajes de afectación por sequía para los principales municipios productores.

Jalpa

Con una superficie de 717.9 Km² y con una población total de 25 mil 296 habitantes, de 2003 a 2019 en el municipio se cosechó una superficie promedio de 2 mil, 741 hectáreas, con un volumen de producción igual a 4 mil, 371.13 toneladas, un rendimiento medio de 2.13 ton/ha., y un valor de producción de 15 millones, 868 mil, 911.23 pesos.

El cultivo más relevante en el municipio fue el de maíz grano con 2 mil, 381.8 hectáreas cosechadas, un rendimiento medio de 1.5 ton/ha., un volumen de producción de 3 mil, 691.89 toneladas y un valor de ésta igual a 13 millones, 513 mil, 456.08 pesos, le sigue el cultivo de sorgo con 309 hectáreas cosechadas, un rendimiento medio de 2.1 ton/ha, un volumen de producción igual a 659.40 toneladas y un valor de ésta de 2 millones, 208 mil, 652 pesos, le sigue el cultivo de frijol, aunque en comparación a los municipios del centro y norte del estado en Jalpa sólo se cosecharon un promedio de 49.5 hectáreas, con un rendimiento de 0.4 ton/ha., un volumen y valor de la producción iguales a 19.8 toneladas y 146 mil, 803.14 pesos.

Con relación al cultivo de sorgo se observa que cuando la superficie afectada por sequía llega al 40% la superficie inicial disminuye a las 185.7 hectáreas, lo que representa una pérdida de ésta igual a 123.3 hectáreas, el volumen de producción pierde 263.76 toneladas, mientras el valor de la producción disminuye hasta 1 millón, 325 mil, 191.8 pesos lo que indica una pérdida de 883 mil, 460.2 pesos (Tabla 28).

Tabla 28. Disminución de volumen y valor de la producción de sorgo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Jalpa.

Reducción de la Superficie (ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)	
10%	278.62	593.46	1,987,786.81
20%	247.66	527.52	1,766,921.61
30%	216.70	461.58	1,546,056.41
40%	185.74	395.64	1,325,191.21
50%	154.79	329.70	1,104,326.01
60%	123.83	263.76	883,460.80
70%	92.87	197.82	662,595.60
80%	61.91	131.88	441,730.40
90%	30.95	65.94	220,865.20
100%	0	0	0

Apozol

Este municipio cosechó un promedio de 1, 302.9 hectáreas de los cuatro cultivos estudiados, con un volumen de producción de 2 mil, 113.12 toneladas y un valor de 7, millones, 695 mil, 317.20 pesos. El cultivo que más destaca en el municipio es el del maíz con una media de 1 mil, 190.57 hectáreas cosechadas, un rendimiento medio de 1.5 ton/ha., un volumen de producción igual a 1 mil, 881.10 toneladas y un valor de producción de 6 millones, 885 mil, 392.53 pesos, le sigue el sorgo grano con 89.94 hectáreas, un volumen de producción igual a 223.95 toneladas, mientras el valor de la producción alcanzó los 750 mil, 113. 58 pesos, el frijol ocupa el tercer lugar con 22.44 hectáreas cosechadas, un rendimiento medio de 0.36 ton/ha., un volumen igual a 8.07 toneladas y un valor de la producción de 59 mil, 811.10 pesos, al igual que en el municipio anterior en este periodo de revisión no hubo registro de siembra de trigo grano.

Respecto al cultivo de sorgo grano, las pérdidas que se observan cuando existe una afectación por sequía igual a 40% en la superficie cosechada, volumen y valor de la producción corresponden a 35.98 hectáreas, 89,58 toneladas y 300 mil, 045.44 pesos (Tabla 29).

Tabla 29. Disminución de volumen y valor de la producción de sorgo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Apozol.

Reducción de la Superficie (ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)	
10%	80.94	201.55	675,102.21
20%	71.95	179.16	600,090.86
30%	62.95	156.76	525,079.50
40%	53.96	134.37	450,068.14
50%	44.97	111.97	375,056.78
60%	35.97	89.58	300,045.43
70%	26.98	67.18	225,034.07
80%	17.98	44.79	150,022.71
90%	8.99	22.39	75,011.35
100%	0	0	0

Huanusco

Ubicado también al sur de la entidad para el periodo de 2003-2019 se cosecharon en promedio 1 mil, 109.8 hectáreas, con un volumen de 1,357.78 toneladas y un valor de la producción de 4 millones, 965 mil, 962.46 pesos. Destaca por su superficie cosechada de maíz grano con 1 mil, 044.05 hectáreas, un rendimiento de 1,2 ton/ha., un volumen de este grano igual a 1 mil, 252.86 toneladas y un valor de la producción de 4 millones, 585 mil, 843.46 pesos, le sigue el cultivo de sorgo grano del cual es el tercer municipio productor en Zacatecas, cosechó una superficie promedio de 50.7 hectáreas, obtuvo un volumen de producción igual a 97.85 toneladas y el valor de la producción llegó a los 327 mil, 748.01 pesos y el cultivo de frijol con una superficie cosechada de 15.05 hectáreas, un rendimiento de 0.4 ton/ha., un volumen y valor de la producción igual a 7.0735 toneladas y 52 mil, 370.99 pesos.

En relación al cultivo de sorgo se aprecia una pérdida de la superficie cosechada cuando existe una afectación por sequía del 40% de 20.28 hectáreas, una reducción

en el volumen de la producción de 39.16 toneladas y una pérdida económica de 131 mil, 099.24 pesos (Tabla 30).

Tabla 30. Disminución de volumen y valor de la producción de sorgo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Huanusco.

Reducción de la Superficie (ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)	
10%	45.63	88.06	294,973.20
20%	40.56	78.28	262,198.40
30%	35.49	68.49	229,423.60
40%	30.42	58.71	196,648.80
50%	25.35	48.92	163,874.00
60%	20.28	39.14	131,099.20
70%	15.21	29.35	98,324.40
80%	10.14	19.57	65,549.60
90%	5.07	9.78	32,774.80
100%	0	0	0

Moyahua de Estrada

En este municipio se cosecharon un promedio de 1,324.64 hectáreas con un volumen de producción igual a 2 mil, 791.31 toneladas y un valor de la misma de 10 millones, 193 mil, 819.11 pesos. El cultivo que destaca por su superficie cosechada es el de maíz grano con 1,270.82 hectáreas, un rendimiento de 2.1 ton/ha, un volumen y valor de la producción de 2668.72 toneladas y 9 millones, 768 mil, 323.14 pesos, le sigue el cultivo de sorgo grano con un promedio de superficie cosechada de 44.88 hectáreas, un volumen de producción de 118.93 toneladas y un valor de la producción de 398 mil, 357.98 pesos, en tercer lugar está el frijol con una superficie cosechada de 8.94 hectáreas, un volumen y valor de la producción de 3.6654 toneladas y 27,138.00 pesos, del mismo modo que en los municipios anteriores en este no se registró siembra de trigo para este periodo.

La pérdida de la superficie cosechada, volumen y valor de la producción con relación al cultivo de sorgo grano cuando la afectación por sequía es del 40% para este municipio corresponden a; 17.96 hectáreas, 47.56 toneladas y 159 mil, 343.2 pesos respectivamente (Tabla 31).

Tabla 31. Disminución de volumen y valor de la producción de sorgo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Moyahua de Estrada.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	40.39	107.04	358,522.18
20%	35.90	95.15	318,686.38
30%	31.41	83.25	278,850.58
40%	26.92	71.36	239,014.79
50%	22.44	59.47	199,178.99
60%	17.95	47.57	159,343.19
70%	13.46	35.68	119,507.39
80%	8.97	23.79	79,671.60
90%	4.48	11.89	39,835.80
100%	0	0.00	0.00

Tabasco

El promedio de la superficie cosechada en este municipio fue de 1,015.25 hectáreas, el volumen de producción fue de 1,303.57 toneladas y el valor de la producción fue igual a 4 millones, 797 mil, 193.82 pesos. El cultivo que más se cosechó en el municipio fue el de maíz grano con un promedio de 952.97 hectáreas, seguido del sorgo grano del cual se cosecharon un promedio de 36.23 hectáreas, con un rendimiento medio de 1.96 ton/ha., un volumen de producción de 71.01 toneladas y un valor de producción de 237 mil, 847.83 pesos, el frijol con una superficie volumen y valor de la producción igual a 26.05 hectáreas, 12.7645 toneladas y 94,506.19 pesos y por último el trigo grano con 0 hectáreas sembradas.

La superficie cosechada disminuye 14.36 hectáreas, el volumen de producción 68.44 toneladas y valor de la producción disminuye 95 mil, 139.12 pesos cuando existe una afectación del 40% en la superficie cosechada (Tabla 32).

Tabla 32. Disminución de volumen y valor de la producción de sorgo a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Tabasco.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	32.64	63.90	214,063.05
20%	28.98	56.80	190,278.26
30%	25.36	49.70	166,493.48
40%	21.73	42.60	142,708.70
50%	18.11	35.50	118,923.91
60%	14.49	28.40	95,139.13
70%	10.86	21.30	71,354.35
80%	7.24	14.20	47,569.56
90%	3.62	7.10	23,784.78
100%	0	0	0

A modo de comparación se muestra el impacto económico consecuencia de un daño de 40% en la superficie cosechada en los cinco principales municipios productores de sorgo grano en Zacatecas, además del valor a nivel estatal. Jalpa es el municipio con mayor afectación al perder más de 123 hectáreas de este cultivo y más de 883 millones de pesos, seguido de Apozol, Huanusco, Moyuahua de Estrada y Tabasco el que menos afectación tuvo (tabla 33).

Tabla 33. Comparación del impacto económico de la sequía en los principales municipios productores de sorgo grano y a nivel estatal en Zacatecas.

Municipio	Pérdida de la superficie cosechada (has)	Disminución en el volumen de producción (ton)	Pérdida en el valor de la producción (Mill \$)

Jalpa	123.84	263.76	883,460.8
Apozol	36	89.6	300,045.48
Huanusco	20.28	39.12	131,099.24
Moyuahua de E.	17.96	47.56	159,343.2
Tabasco	14.36	28.44	95,139.12
Estatal	5.72	2.68	8,954.32

Trigo grano

Al igual que el cultivo de Sorgo, el trigo es un cultivo que se encuentra más localizado sólo en algunos municipios del estado.

En los años agrícolas 2011 y 2012, años en los que se registró el episodio de sequía más severo en el estado, la siembra de este grano disminuyó a tal punto que en el 2011 fueron sólo 12 municipios los que sembraron trigo, mientras en el 2012 fueron sólo 6 los municipios con siembra de trigo en el estado. De acuerdo con los resultados de este trabajo los municipios que mayor superficie de suelo destinan a la siembra de este grano son; Sombrerete, Pinos, Miguel Auza, Morelos, Fresnillo y Río Grande.

De 2003-2019 en Zacatecas se obtuvo un promedio de superficie cosechada igual a 215.8 hectáreas con un rendimiento medio de .33 toneladas por ha., un volumen de producción de 71.22 toneladas y un valor de la producción igual a 194 mil, 097.6 pesos. A nivel estatal este cultivo pierde una superficie de 151.04 hectáreas, el volumen de producción disminuye en promedio 49.86 toneladas, mientras el valor de la producción presenta una pérdida de 135 mil, 868.39 cuando hay un daño del 40% por sequía en la superficie cosechada de este grano (Tabla 34).

Tabla 34. Disminución de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de trigo grano a diferentes % de afectación por sequía en el estado.

Reducción de la superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la producción (Mill. \$)
10%	194.25	64.10	174,687.91

20%	172.67	56.98	155,278.14
30%	151.08	49.85	135,868.37
40%	129.50	42.73	116,458.60
50%	107.92	35.61	97,048.84
60%	86.33	28.49	77,639.07
70%	64.75	21.36	58,229.30
80%	43.16	14.24	38,819.53
90%	21.58	7.12	19,409.78
100%	0	0	0

Al igual que los cultivos de frijol y maíz grano, el trigo se concentra más hacia el centro y norte de la entidad, estas regiones han sido afectadas hasta en un 70% de su superficie agrícola, las estimaciones siguientes consideran este porcentaje de afectación para calcular el impacto económico de la sequía en este cultivo.

Sombrerete

Los primeros resultados que se muestran a nivel de municipio corresponden a Sombrerete, este municipio obtuvo un promedio de superficie cosechada igual a 7 mil, 665.26 hectáreas, teniendo un volumen de producción igual a 15,560.48 toneladas, con un valor de producción que alcanzó los 42 millones, 403 mil, 080.03 pesos.

Cuando la presencia de sequía afecta en un 70% a la superficie cosechada de este grano, el municipio presenta una pérdida de 5, 364.03 hectáreas, hay una disminución en el volumen de producción de 10 mil, 895.36 toneladas y una pérdida en el valor de la producción igual a 29 millones, 682 mil, 156.21 pesos, esta disminución aumenta en la medida en que la superficie afectada por este fenómeno es mayor (Tabla 35).

Tabla 35. Disminución de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de trigo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Sombrerete.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de Producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	6,899	14,004	38,162,772
20%	6,132	12,448	33,922,464
30%	5,366	10,892	29,682,156
40%	4,599	9,336	25,441,848
50%	3,833	7,780	21,201,540
60%	3,066	6,224	16,961,232
70%	2,300	4,668	12,720,924
80%	1,533	3,112	8,480,616
90%	767	1,556	4,240,308
100%	0	0	0

Pinos

El siguiente municipio productor de trigo en el estado es Pinos, éste registro un promedio de superficie cosechada igual a 2,065.3 hectáreas, un volumen de producción de 1,445.71 toneladas y un valor de la producción igual a 3 millones, 939 mil, 632.04 pesos. Las pérdidas en la superficie cosechada, en el volumen de producción y en el valor de la producción que se estimaron para cada 70% de afectación en la superficie cosechada son de 1, 445.71 hectáreas, 1, 012 toneladas y 2 millones, 757 mil, 742.47 pesos menos, respectivamente (Tabla 36).

Tabla 36. Disminución de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de trigo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Pinos.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	1858.77	1,301.14	3,545,668.83
20%	1652.24	1,156.57	3,151,705.63
30%	1445.71	1,012.00	2,757,742.42

40%	1239.18	867.43	2,363,779.22
50%	1032.65	722.86	1,969,816.02
60%	826.12	578.28	1,575,852.81
70%	619.59	433.71	1,181,889.61
80%	413.06	289.14	787,926.41
90%	206.53	144.57	393,963.20
100%	0	0.00	0.00

Miguel Auza

En el periodo de 2003-2019 se cosecharon en este municipio un promedio de 368 hectáreas, con un volumen de producción igual a 599.84 toneladas, mientras el valor de la producción fue de 1 millón, 634 mil, 593.99 pesos. Cuando existe una afectación del 70% en la superficie cosechada de este cultivo se calculó una pérdida de esta superficie igual a 257.6 hectáreas, una pérdida del volumen de producción de 419.93 toneladas y una pérdida económica de 1 millón, 144 mil, 215.8 pesos (Tabla 37).

Tabla 37. Disminución de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de trigo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Miguel Auza.

Reducción de la Superficie (ha)		Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)
10%	331.2	539.85	1,471,134.59
20%	294.4	479.87	1,307,675.19
30%	257.6	419.88	1,144,215.79
40%	220.8	359.90	980,756.39
50%	184	299.92	817,296.99
60%	147.2	239.93	653,837.59
70%	110.4	179.95	490,378.19
80%	73.6	119.96	326,918.79
90%	36.8	59.98	163,459.3992
100%	0	0	0

Morelos

Ubicado en la región centro de Zacatecas, muy cercano a la capital del estado, con respecto a los otros municipios, éste es el tercer municipio más pequeño de la entidad con una superficie total de 180.9 Km², su población total alcanza los 13,207 habitantes de acuerdo con los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2020 (INEGI, 2020). En el periodo de estudio de este trabajo se cosecharon en este municipio un promedio de 247.43 hectáreas de trigo, con un volumen de producción de 215.26 toneladas y un valor de producción de 586 mil, 605. 44 pesos. Cuando la superficie destinada al cultivo de trigo grano en el municipio se ve afectada en un 70% se estima una pérdida de ésta de 173.25 hectáreas, lo cual produce una disminución en el volumen de producción igual a 150.68 toneladas y una pérdida del valor de la producción de 410 mil, 623.85 pesos (Tabla 38).

Tabla 38. Disminución de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de trigo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Morelos.

Reducción de la Superficie (ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)	
10%	222.687	193.74	527,944.89
20%	197.944	172.21	469,284.35
30%	173.201	150.68	410,623.80
40%	148.458	129.16	351,963.26
50%	123.715	107.63	293,302.72
60%	98.972	86.11	234,642.17
70%	74.229	64.58	175,981.63
80%	49.486	43.05	117,321.09
90%	24.743	21.53	58,660.54

100%	0	0.00	0.00
------	---	------	------

Fresnillo

Destaca en la actividad agrícola de Zacatecas también por sumar a la producción estatal de trigo grano de temporal, de acuerdo con los resultados de este trabajo en el periodo de 2003-2019 fue el quinto municipio que mayor superficie de este cultivo cosechó con 385.29 hectáreas, obteniendo un volumen de producción igual a 246.59 toneladas las cuales tuvieron un valor de 671 mil, 958. 09 pesos.

Cuando la superficie cosechada de este grano se ve afectada en un 70% disminuye 269.5 hectáreas, se pierde un volumen de trigo grano de 172.62 toneladas lo que resulta en una pérdida del valor de la producción de 470 mil, 370.67 pesos (Tabla 39).

Tabla 39. Disminución de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de trigo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Fresnillo.

Reducción de la Superficie (ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)	
10%	346.76	221.93	604,762.28
20%	308.22	197.27	537,566.47
30%	269.70	172.61	470,370.66
40%	231.17	147.95	403,174.85
50%	192.64	123.29	335,979.04
60%	154.11	98.63	268,783.24
70%	115.58	73.98	201,587.43
80%	77.05	49.32	134,391.62
90%	38.52	24.66	67,195.81
100%	0	0.00	0.00

Río Grande

De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2019) Río Grande es el cuarto municipio con mayor superficie sembrada en el estado con 69,497.40 hectáreas totales, destaca por su relevancia en el cultivo de frijol, y respecto a este trabajo es el sexto municipio que mayor superficie de suelo cosechó de trigo con un promedio de 79.76 hectáreas, obteniendo un volumen de producción de 56.63 toneladas y un valor de producción igual a 154 mil, 318. 49 pesos. Cuando la superficie cosechada es afectada en un porcentaje de 70% se pierden en total 55.86 hectáreas de cultivo, 39.62 toneladas de volumen y un total de 108 mil, 022.95 pesos en el valor de la producción (Tabla 40).

Tabla 40. Disminución de superficie cosechada, volumen y valor de la producción de trigo grano a diferentes % de afectación por sequía en el municipio de Río Grande.

Reducción de la Superficie (ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la Producción (Mill. \$)	
10%	71.784	50.97	138,886.64
20%	63.808	45.30	123,454.79
30%	55.832	39.64	108,022.94
40%	47.856	33.98	92,591.09
50%	39.88	28.31	77,159.25
60%	31.904	22.65	61,727.40
70%	23.928	16.99	46,295.55
80%	15.952	11.33	30,863.70
90%	7.976	5.66	15,431.85
100%	0	0.00	0.00

Se muestran los cálculos del impacto económico en los seis principales municipios productores de trigo grano en Zacatecas, además de mostrar el valor de esta pérdida a escala estatal. El municipio que tiene una mayor pérdida económica corresponde a Sombrerete con una disminución de 29 millones de pesos en el valor de la producción a una afectación del 70% en la superficie cosechada, una pérdida de 5,365.26 hectáreas de cultivo y una disminución en el volumen de producción

igual a 10 mil, 892.48 toneladas; seguido de Pinos, Miguel Auza, Fresnillo, Morelos y Río Grande como el que menos afectación tuvo (Tabla 41).

Tabla 41. Comparación del impacto económico de la sequía a nivel estatal y en los principales municipios productores de trigo grano en Zacatecas.

Municipio	Pérdida de la superficie cosechada (has)	Disminución en el volumen de producción (ton)	Pérdida en el valor de la producción (Mill \$)
Sombrerete	5,365.26	10,892.48	29,682,156.03
Pinos	1,445.71	1,012	2,757,742.43
Miguel Auza	257.6	419.89	1,144,215.79
Morelos	173.21	150.68	410,623.81
Fresnillo	269.71	172.61	470,370.66
Río Grande	55.84	39.64	108,022.94
Estatal	151.09	69.22	187,381.95

Conclusiones

A causa de su lenta evolución tanto temporal como espacial, la sequía es uno de los fenómenos naturales más complejos y difíciles de predecir, aunque forma parte de las variaciones naturales del clima, en los últimos años se han vuelto más severas debido principalmente al inevitable cambio climático que actualmente se experimenta.

La agricultura es uno de los principales sectores severamente afectados por la sequía. Este fenómeno tiene un impacto económico directo al reducir la producción agrícola, afectando negativamente los precios, el comercio y el acceso al mercado; y disminuyendo los ingresos, el empleo agrícola, y la disponibilidad de alimentos (Hernández, 2018).

Zacatecas es un estado con altos grados de vulnerabilidad ante este fenómeno ya que desafortunadamente convergen en la entidad las condiciones naturales que propician eventos de sequía frecuentes como la escasa precipitación y la mala distribución de ésta durante la temporada de los cultivos, además de las altas

temperaturas que se registran en la mayoría de su territorio y que favorecen la prevalencia de climas secos y semisecos, estas características se observan más acentuadas en la región centro y norte del estado que en general coinciden con los municipios más importantes en actividades primarias en la región.

Los impactos de este fenómeno se observan diferentes en función del área geográfica a la que se refiera o del cultivo mismo del que se trate, de esta manera en la entidad los impactos de este fenómeno no son los mismos de un municipio a otro o de un cultivo a otro, a escala estatal el municipio más afectado por la sequía fue Sombrerete seguido de Fresnillo y Río Grande, mientras el menos afectado fue Villa de Cos.

El cultivo que es más severamente afectado por la sequía corresponde al cultivo del frijol, seguido del maíz grano (dos de los alimentos más importantes de la región) y el trigo grano cuya producción se concentran en la región centro y norte del estado y en el municipio de Pinos al sureste del mismo, por otro lado, al sur de la entidad predomina el cultivo de sorgo grano, mientras en esta región el frijol no representa un cultivo de relevancia económica, sin embargo el cultivo de sorgo grano año tras año ha experimentado una disminución en su producción a causa principalmente de las condiciones poco favorables de suelo y disponibilidad de agua en la región.

También la producción agrícola y las condiciones de los productores en la entidad favorecen la vulnerabilidad ante la sequía al presentar dificultades para la producción, para el acceso al uso de tecnologías ya sea por la falta de recursos económicos para cubrir esos costos o por la falta de dichas tecnologías en la región, también prevalece la falta de asesoría técnica, la falta de organización de los productores para la comercialización de sus productos, de acuerdo con la revisión de la bibliografía en el estado la mayoría de las unidades de producción no cuentan con estas condiciones, lo que denota la falta de capacidad adaptativa con que cuenta la población para hacer frente a este suceso y a sus consecuencias, esto ha traído como consecuencia el abandono de las tierras y la migración causa del desempleo y del nulo impulso a la agricultura en las comunidades rurales del estado.

Recomendaciones

En las comunidades rurales de nuestro país una de las actividades económicas y culturales más importantes es la agricultura, la cual la mayoría de las ocasiones tiene como propósito el proveer de alimentos a las familias de la comunidad misma y en la mayoría de los casos también es una fuente de empleo que puede favorecer el desarrollo de las mismas ya que en muchas ocasiones como en el caso particular de Zacatecas existen cultivos con el potencial de sumar ha dicho desarrollo, sin embargo, la sequía es sólo una de las dificultades a las que se enfrentan estas comunidades y su población, el considerar y valorar la información que existe acerca de la vulnerabilidad ante este fenómeno es de vital importancia porque permite gestionar de una manera más adecuada un evento natural inevitable y complejo como éste, por tanto corresponde a las autoridades competentes el tomar decisiones considerando la información resultado de la investigaciones de varios autores con el fin de asegurar a las poblaciones más vulnerables, no sólo su fuente de alimento, sino también de empleo y de arraigo a sus comunidades.

Literatura citada

- ✚ Comisión Nacional de Agua (CONAGUA, 2018). Atención a la sequía en México. Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/articulos/atencion-a-la-sequia-en-mexico>
- ✚ Coordinación Estatal de Planeación. 2019. Principales cultivos por municipio. Cierre agrícola 2019. Disponible en: https://coepla.zacatecas.gob.mx/wp-content/uploads/2021/03/cierre_agricola2019.pdf
- Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático. (IPCC, 2018). Cambio climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf
- ✚ Esparza, M. 2013. La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. Instituto de investigaciones Dr. José María Luis Mora. Disponible en: https://www.academia.edu/11712780/La_sequ%C3%ADa_y_la_escasez_d

[e agua en M%C3%A9xico Situaci%C3%B3n actual y perspectivas futuras](#)

- ✚ Gutiérrez, S. y Luna F. 1997. Perspectivas del sorgo de grano de temporal en la región templada semiárida de México. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9515>
- ✚ Hernández, T. 2018. Manual del Sistema del Índice de Sequía Agrícola – ASIS País. Módulo II. Ejecución de la herramienta ASIS – País. Ciudad de Panamá, FAO. 77 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca2247es/CA2247ES.pdf>
- ✚ Ibararán Viniegra M. E. 2014. Medición de la vulnerabilidad ante desastres hidrometeorológicos extremos. Universidad Iberoamericana de Puebla. Disponible en: <https://repositorio.iberopuebla.mx/handle/20.500.11777/1071>
- ✚ INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2017. Aspectos geográficos. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/>
- ✚ INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2020. Censo de población y vivienda. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/datos/?t=0200>
- ✚ Llamas Gonzáles, A. 2012. Pobreza y degradación ambiental en la agricultura del estado de Zacatecas a nivel municipal. Universidad Autónoma de Zacatecas. Disponible en: <http://ricaxcan.uaz.edu.mx/xmlui/handle/20.500.11845/303?show=full>
- ✚ Lobato Sánchez, R. (septiembre-octubre, 2016). El monitor de la sequía en México. Tecnología y Ciencias del Agua, 7(5), 197-211.
- ✚ Luna Flores, M., Hernández Martínez, J., Luna Estrada, M., Zelaya de Santiago, L., y García Hernández, S. (2012). Los cultivos de frijol y maíz de grano bajo condiciones de secano en Zacatecas, México de 1980 a 2008. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.2 1 de marzo - 30 de abril, 2012 p. 327-338.
- Monterroso Rivas, A., Conde Álvarez, C., Gay García, C., Gómez Díaz, J., y López García, J. (2012). Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en México. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos. Estado

- de México. Disponible en: http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0086_PU-SA-VIII-2012-A_MONTERROSO.pdf
- ✚ Montesillo Cedillo, J.L. 2016. Rendimiento por hectárea del maíz grano en México: Distritos de riego Vs temporal. Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <http://economia.unam.mx/assets/pdfs/econinfo/398/04montesillo.pdf>
 - ✚ FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura). 2018. Los desastres causan pérdidas agrícolas millonarias, con la sequía a la cabeza. Disponible en: <http://www.fao.org/news/story/es/item/1107192/icode/>
 - ✚ Ortega Gaucin, D., Ceballos Tavares, J. A., Ordoñez Sánchez, A., y Castellano Bahena, H. 2021. Evaluación del riesgo de sequía agrícola: un análisis espacial de peligros, exposición y vulnerabilidad en Zacatecas México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. Jiutepec, Morelos. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/10/1431/htm>
 - ✚ Ortega Gaucin, D., De la Cruz Bartolón, J., y Castellano Bahena, H. (2018). Peligro, vulnerabilidad y riesgo por sequía en el contexto del cambio climático en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos, México. Disponible en: <http://repositorio.imta.mx/handle/20.500.12013/2192>
 - ✚ Ortega-Gaucin, D., Ordoñez, A., Rojas O., Hernández T. y de la Cruz, J. (2019). Monitoreo y alerta temprana de sequía en la agricultura: evaluación del sistema del índice de estrés agrícola (asis-país) de la FAO. Mazatlán Sinaloa, México.
 - ✚ Padilla-Bernal, L., Reyes-Rivas, E., Lara-Herrera A., y Pérez-Veyna O. (2012). Competitividad, eficiencia e impacto ambiental de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Zacatecas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.6 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012 p. 1187-120.
 - ✚ Reveles Torres L., Luna Flores, M., Mejía Gurrola, A., Hernández Martínez, J., y García Hernández, S. 2014. Razas actuales de maíz de secano en el

estado de Zacatecas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Volumen 5, número 7. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000700002

Romero Blake, A. (Sin año). Impactos socioeconómicos de la sequía en la cuneca del Río Conchos, Chihuahua, México. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/11/impactos-socioeconomicos-de-la-sequia-en-la-cuenca-el-rio-conchos-02.pdf>

- ✚ Santillán García, j., Oble Vegara, E., y Chauvet, M. (2019). Ciudad de México. Efectos de las políticas públicas en la conformación de organizaciones de productores de frijol en Zacatecas. Sociedades rurales, Producción y medio ambiente vol.19 número 37. Universidad Autónoma Metropolitana. UAM-Xochimilco.
- ✚ SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020. Boletín mensual de producción, frijol. Obtenido y disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538981/Boletin_mensual_d_e_la_produccion_frijol_enero_2020.pdf
- ✚ SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2017. Planeación agrícola Nacional Trigo grano. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sico-Trigo_Cristalino_y_Harinero.pdf
- ✚ SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2017. Planeación agrícola Nacional Sorgo grano. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256433/B_sico-Sorgo_Grano.pdf
- ✚ Servín Palestina, M., Ruíz García, A., y López Cruz I. 2019. Modelo “simple” para simulación de rendimiento de maíz en el estado de Zacatecas, México. Mazatlán, Sinaloa. Disponible en: https://www.riego.mx/congresos/comeii2019/docs/ponencias/extenso/COM_EII-19023.pdf

- ✚ SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Estadísticas de Producción agrícola. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- ✚ SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2019. Estadísticas de Producción agrícola. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- ✚ Solano, O., Vázquez, R., Menéndez, J., Menéndez, C. y Martín, M. (s.a). Modelo agrometeorológico de evaluación de la sequía agrícola. Instituto de meteorología. Ciudad de la Habana, Cuba. Disponible en: <http://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/1663/Modelo%20agrometeorol%C3%B3gico%20de%20evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20sequ%C3%ADa%20agr%C3%ADcola..pdf?sequence=1&isAllowed=y>