



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGÍA RURAL

CHAPINGO, MÉXICO

**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE
TEMPORAL EN EL PACÍFICO SUR MEXICANO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS EN CIENCIAS AGRARIAS**

PRESENTA

SERGIO CRUZ HERNÁNDEZ

CHAPINGO, ABRIL 2021



APROBADA




**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE
TEMPORAL EN EL PACÍFICO SUR MEXICANO**

Tesis realizada por **SERGIO CRUZ HERNÁNDEZ**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN CIENCIAS AGRARIAS

DIRECTOR: 
DR GUILLERMO TORRES CARRAL

ASESOR: 
DRA IRMA SALCEDO BACA

ASESOR: 
DR. ARTEMIO CRUZ LEÓN

LECTOR EXTERNO: _____

CONTENIDO

	Página
RESUMEN GENERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN GENERAL	3
Preguntas centrales de la investigación	10
JUSTIFICACIÓN	11
HIPÓTESIS	13
OBJETIVOS	13
Objetivos Generales	13
Objetivos Particulares	14
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	15
La región del Pacífico Sur Mexicano	15
Región del Istmo de Tehuantepec	16
La Agricultura en México	18
Tipos de Agricultura en México	19
Agricultura Tradicional o de Subsistencia.....	20
Agricultura Empresarial.....	21
Agricultura transicional.....	21
Agricultura y cambio climático global.....	21
Cambio climático global y su relación con los GEI	23
Gases de Efecto Invernadero y el sector agropecuario en México	24
Fenómeno atmosférico “El Niño”	27
Impactos del Niño en la agricultura en México	28
Percepción social del cambio climático en México	28
Marco legal del cambio climático	30
Situación internacional del cambio climático	30
Protocolo de Kioto	31

Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)	32
Situación nacional del cambio climático	33
Programa Especial de Cambio Climático (PECC)	34
Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC)	35
Ley estatal de cambio climático de Oaxaca	36
Programa Estatal de cambio climático de Oaxaca	37
Calentamiento atmosférico en la región del Pacífico Sur Mexicano ...	37
Literatura citada	39
CAPITULO III	
Saberes tradicionales locales y el cambio climático global	45
Local traditional knowledge and global climate change	46
CAPITULO IV	
Percepción del cambio climático entre la población en el Pacífico Sur Mexicano	59
Social perception of climate change in the south mexican pacific and its relation to food security	60
CAPITULO V	
EVIDENCIAS DE LA VARIACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL	76
Análisis de la temperatura regional	76
Análisis de la precipitación regional	79
La falta de agua para la producción de alimentos	82
Periodo de crecimiento regional	84
Cambio Climático y Agricultura regional	87
Opciones de adaptación ante la variabilidad climática en la agricultura regional	89
Fenómenos Meteorológicos e impactos en la agricultura regional	91
Incertidumbres climáticas en la agricultura de México	93
CAPITULO VI	
ECOINTENSIFICACIÓN COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA A LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO	96

Introducción	96
Metodología	97
Principales características de la pequeña agricultura en México	98
Legislación del cambio climático en México	99
Alternativa agroecológica para los pequeños productores ...	100
Ecointensificación agrícola para la producción de alimentos	101
El concepto de ecointensificación agrícola	101
Fundamento técnico de la ecointensificación	102
Manejo de la remineralización de suelos para la resiliencia climática	103
Mezcla mineral como opción de resiliencia climática	104
Fertilización foliar orgánica como opción de adaptación climática	106
Uso de microorganismos como opción para el control de plagas y enfermedades de los cultivos	107
Resultados de la aplicación de ecointensificación agrícola ...	108
Conclusiones	109
Literatura consultada	110
CAPITULO VII	
CONCLUSIONES GENERALES	116
LITERATURA CITADA	124

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Cultivos sembrados en otoño-invierno en Guerreo y Oaxaca en el ciclo agrícola 2019	83

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Concentración de CO ₂ en la atmósfera en ppm	26
2	Comportamiento de la temperatura mínima a nivel mensual y anual en México	38
3	Comportamiento de la temperatura máxima a nivel mensual y anual en México	39
4	Diferencias térmicas en tres estaciones meteorológicas del área de estudio, con tres normales climatológicas	78
5	Diferencias de precipitaciones medias mensuales en tres estaciones meteorológicas del área de estudio, con tres normales climatológicas	80
6	Duración del periodo de crecimiento de dos estaciones meteorológicas del área de estudio, con dos normales climatológicas diferentes	85
7	Producción de Ajonjolí, como opción productiva para los campesinos de bajos recursos en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca	88
8	Producción de sorgo (<i>Sorghum</i> spp.) en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, resistente al acame	90

ABREVIATURAS USADAS

Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Cloro Flúor Carbonos (CFC)

Instituto Nacional de Ecología (INE)

Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).

Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC)

Programa Especial de Cambio Climático (PECC)

Ley General de Cambio Climático (LGCC)

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

DEDICATORIAS

A mi esposa Cristina, a mis hijos Christian y Eduardo, los cuales forman parte primordial en mi vida y se constituyen como fuente de inspiración para el logro de las metas y a su vez, juntos establecemos la felicidad como algo significativo en el andar cotidiano.

A mi hermano Polo[†] por mostrarme el camino de la vida y que, a pesar de las dificultades y los malos momentos, siempre mostraste buena voluntad y sin egoísmos, viviendo en el tiempo a tu forma, porque a pesar de todo: la vida sigue y hoy te puedo decir, misión cumplida hermano

A mi madre Isabel; a mis herman@s Viky, Eva & Noe, por su comprensión, apoyo y consejos; porque me han ayudado a sortear los sinsabores de la vida y que, sin embargo, con Ustedes y la Familia se vuelve más accesible la travesía de la existencia.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y el Posgrado, por otorgarme la oportunidad de fortalecer mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que brinda la oportunidad de realizar investigación agrícola y poder contribuir al desarrollo rural del país.

Al Dr. Guillermo Torres Carral, a la Dra Irma Salcedo Baca, al Dr. Artemio Cruz León, por sus observaciones para el desarrollo del presente trabajo y que aparte de ser mis maestros, han contribuido de forma significativa en mi formación técnica y personal

A mis compañeros de trabajo de la Academia de Meteorología del Área de Agronomía, quienes me han facilitado cursar el posgrado.

Agradezco el interés y apoyo que me brindaron todas aquellas personas para la formulación y desarrollo de este proyecto de investigación.

A todos aquellos que han formado parte de esta aventura en mi vida

DATOS BIOGRÁFICOS

Sergio Cruz Hernández nació el 08 de octubre de 1975 es originario del estado de Oaxaca, CURP: CUHS751008HOCRRR04, cedula profesional: 4843321, cedula maestría: 10316791, RFC: CUHS751008HZ6; en 1994 egresó como Técnico Forestal del Centro de Educación y Capacitación Forestal N° 2 “General Lázaro Cárdenas del Río” ubicada en Oaxaca de Juárez. En 1998 fue acreedor a mención honorífica del “Certamen Nacional Juvenil “en el módulo de desarrollo rural sustentable celebrado en Toluca estado de México. En 2001 egresó como Ingeniero Agrónomo Especialista en Suelos por la Universidad Autónoma Chapingo. Inspector orgánico de fincas y procesamiento acreditado por la IOIA (asociación internacional de inspectores orgánicos). Acreditado por el inca rural como prestador de servicios profesionales (PSP) en formulación y evaluación de proyectos, publicada en la página oficial www.inca.gob.mx. Evaluador de proyectos de las políticas públicas, como alianza para el campo desde 1998, en la firma Falicon de México S. A. de C. V. Ponente en diferentes congresos, destacando el Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, además del Simposio y Seminario Internacional de Educación Ambiental y Desarrollo Sustentable (SIEA). Autor de diferentes capítulos de libros destacando: Educación Ambiental y Sustentabilidad aportaciones multidisciplinarias para el desarrollo, además de Sustentabilidad Socioeconómica y Ambiental en México. En 2016 egresó de la Maestría en Ciencias en Sociología Rural por la Universidad Autónoma Chapingo, aprobado con Mención Honorífica. Actualmente forma parte del personal académico de la Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN GENERAL

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN EL PACÍFICO SUR MEXICANO¹

El cambio climático es un fenómeno de alto riesgo, debido a que existe la probabilidad de ocurrencia de eventos catastróficos, ha estado afectando a los ciclos biológicos de plantas, animales y al ser humano, modificando la producción agropecuaria. Los principales objetivos fueron identificar los impactos del cambio climático en el ámbito social, económico y ambiental, en el sector agrícola bajo condiciones de temporal; analizar la percepción social de los productores y su relación con la variación climática y, diseñar una propuesta de manejo agroecológico y social, para la mitigación y adaptación de impactos negativos ambientales. La metodología utilizada fue con el enfoque de investigación mixta, dado que implica una serie de procesos de recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, el método es deductivo, para la técnica de recolección y análisis de datos se aplicó una encuesta estructurada en Unidades de Producción Rural (UPR) distribuidas aleatoriamente en tres municipios de Oaxaca y tres de Guerrero. Los resultados señalan que el 97.78% han percibido que existe una modificación en el clima y que este tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria porque se determinó que el 52.59% de la población señalan que han experimentado una preocupación por la falta de alimentos. En la región del Istmo se encontró que existe un incremento en la temperatura ambiental y una disminución de la precipitación que en promedio es de 100 a 150 mm lo que tiende a ocasionar un calentamiento climático regional. El análisis de la información permite concluir que la seguridad alimentaria en la región de estudio es una problemática multidimensional: la carencia alimenticia en los municipios trabajados está muy marcada; el cambio climático contribuye a su agudización y es necesario diseñar estrategias de adaptación locales como la implementación de la ecointensificación agrícola, como propuesta agroecológica.

Palabras clave: Adaptación, Mitigación, Variabilidad climática, Agricultura de temporal.

¹ Tesis Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Sergio Cruz Hernández
Director de Tesis: Guillermo Arturo Torres Carral

GENERAL ABSTRACT
IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON TEMPORARY AGRICULTURE IN THE
SOUTHERN MEXICAN PACIFIC²

Climate change is a high-risk phenomenon because there is a probability of catastrophic events that have been affecting the biological cycles of plants, animals and humans, modifying agricultural production. The main objective was to identify the impact of climate change in the social, economic and environmental sphere as well as in the agricultural sector under temporal conditions; this required analyzing the social perception of the producers and its relationship with climatic variation as well as designing a proposal for agroecological and social management for the mitigation and adaptation of negative environmental effects. The methodology used was the mixed research approach because it involves a series of quantitative and qualitative data collection and analysis processes, the deductive method for the data collection and analysis technique, a structured survey was applied in Rural Production Units (UPR) randomly distributed in three municipalities in Oaxaca and three in Guerrero. The results indicate that 97.78% have perceived a modification in the climate directly impacting on food security. 52.59% of the population have experienced concern about the lack of food. In the Istmo region, an increase in environmental temperature and a decrease in precipitation was found, which on average is 100 to 150 mm, which tends to cause regional climate warming. It is concluded that food security in the study region is a multidimensional problem: food shortages in the municipalities studied are very marked; climate change contributes to its exacerbation and it is necessary to design local adaptation strategies such as the implementation of agricultural eointensification, as an agroecological proposal.

Keywords: Adaptation, Mitigation, Climate variability, Temporary agricultura

² Thesis, Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Sergio Cruz Hernández
Advisor: Guillermo Arturo Torres Carral

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente en diferentes sectores de la sociedad se está analizando el fenómeno del cambio climático; los diferentes estudios científico-técnicos, revelan los diversos mecanismos físicos a través de los cuales se está produciendo el calentamiento de la tropósfera, uno de ellos es el efecto invernadero, causado por los Gases de Efecto Invernadero (GEI), sin dejar de mencionar que existe el debate en relación a la cuantificación precisa y de la responsabilidad de contribución a la acumulación de GEI por cada sector. Por tanto, las mayores discrepancias que se tiene en esta problemática, es establecer con precisión cuáles serán las consecuencias, cómo detectar esta problemática y cómo implementar acciones concretas a la mitigación de los impactos del cambio climático a nivel local.

En este contexto, el cambio climático se refiere a una modificación significativa y duradera en la distribución de los patrones o elementos del clima, que se puede manifestar en impactos de tormentas más severas, sequías más frecuentes, menor cantidad de radiación fotosintéticamente activa, entre otras y, se puede explicar de forma local o global. Por otro lado, el calentamiento global está referido al aumento de la temperatura ambiental y de los océanos provocado principalmente por la quema de combustibles fósiles.

Dicho fenómeno ambiental ha generado una gran cantidad de investigaciones, desde diversas aproximaciones teóricas y metodológicas; en este sentido, el debate sobre la existencia del cambio climático como consecuencia de las actividades antropogénicas ha variado considerablemente en los últimos años. Se ha estado aprendiendo sobre los riesgos potenciales de los daños que conllevaría; por ejemplo, pérdida de biodiversidad, inundaciones, sequías extremas, es por ello por lo que la sociedad ha ido tomando conciencia sobre la vulnerabilidad al cambio climático en los diferentes ecosistemas y agroecosistemas. La agricultura es extremadamente vulnerable a las variables climáticas; por ejemplo, el aumento de la temperatura ambiental y disminución

de la precipitación termina por reducir la producción o causa mermas en el rendimiento de los cultivos amenazando la soberanía y seguridad alimentaria.

La percepción social de los impactos del cambio climático en la sociedad mexicana es diferente en cada sector de la población. Es uno de los problemas ambientales al que se están enfrentando las comunidades, debido a que se tiene un impacto negativo en los recursos hídricos, en los diferentes ecosistemas, en la biodiversidad, en los diferentes procesos productivos (como es el caso de la agricultura); sin embargo, se debe de mencionar que estos cambios, también son producto de los fenómenos naturales, aunado a las actividades del hombre como la deforestación, contaminación del aire, sobreexplotación del manto acuífero, incendios forestales provocados, entre otras más. Sin embargo, el mismo Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) no tiene la certeza de qué proporción es de origen natural y cuánto es producto de la actividad del ser humano.

A partir de la década de los 60's comienza el debate sobre la irracionalidad ecológica de los patrones de producción y consumo de la sociedad, marcando los límites del crecimiento económico, surgiendo de esta forma las estrategias del ecodesarrollo; es así como Sachs (1981) propuso nuevos estilos de desarrollo fundados en las potencialidades de los diferentes ecosistemas, promoviendo el manejo adecuado de los recursos naturales.

El mismo autor argumenta que la mayor fuente de vulnerabilidad ante el desastre y el riesgo en general es la pobreza y, sobre todo, la inquietante pobreza extrema que amenaza con extenderse en México. Los factores naturales y sociales que se combinan en los casos de desastres se encuentran estrechamente vinculados, no obstante, es posible y necesario separarlos para su análisis.

El cambio climático global se pudo definir como la modificación del clima con respecto al historial climático, dicho cambio puede ser atribuido directa o indirectamente a las actividades del ser humano, alterando la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada

durante períodos de tiempo comparables como se señaló en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (ONU, 1992).

Se destaca en este sentido y como lo señaló la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1997), que la variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima, es el principal factor que explica la variabilidad de la producción agrícola, lo que a su vez constituye uno de los factores principales de la falta de seguridad alimentaria.

A pesar de lo anterior, existe un gran debate sobre la existencia del cambio climático, como consecuencia de su origen, cambios naturales a nivel planetario y/o como producto de las actividades antropogénicas; es por ello, que el IPCC (2001) señaló que se esperaba, que debido a las emisiones de GEI la temperatura media de la tierra se elevaría entre 1.1°C y 6.4°C; los patrones de circulación atmosférica global se podrían ver afectados, además de que el ciclo hidrológico se alteraría cambiando los regímenes de precipitación regional. En su informe del año 2007 el IPCC publicó que la temperatura de la tierra había aumentado 0.74°C para el año 2005. En ese mismo informe describió escenarios futuros en función de la acumulación de los GEI y sus impactos en los diferentes ecosistemas.

El IV informe del IPCC del mismo año, confirmó la responsabilidad del hombre en la modificación del clima en la tierra; del mismo modo, marca que: el calentamiento reciente ha sido mayor en tierra que en los océanos; -El Niño de 1997 a 1998 se destaca como un fenómeno extremo.

Es así como Lezama (2001) señaló que el calentamiento de la tierra ha dejado de ser simple conjetura para adquirir una dimensión de realidad cotidiana; propone que hubiera que empezar a crear los escenarios y los acuerdos internacionales para ayudar a las naciones y a los grupos sociales más vulnerables que serán damnificados, como consecuencia de los cambios climatológicos producto del calentamiento global.

En otro sentido, Leff (2002) señaló que la degradación ambiental, el riesgo de colapso ecológico y el avance de la desigualdad y la pobreza son signos elocuentes de la crisis del mundo globalizado; vivimos en un mundo de la complejidad, en el que se amalgaman la naturaleza y tecnología; donde sobreviven y se resignifican reflexiones filosóficas e identidades culturales en el torbellino de la cibernética, la comunicación electrónica y la biotecnología.

Leff también indicó que la crisis ambiental vino a cuestionar la racionalidad y los paradigmas teóricos que han impulsado y legitimado el crecimiento económico, negando a la naturaleza; la racionalidad económica desterró a la naturaleza de la esfera de la producción, generando procesos de destrucción ecológica y degradación ambiental.

Naredo (2006) enunció que, las principales decisiones que afectan a los recursos naturales y el medio ambiente no se toman en los departamentos de administraciones y empresas con competencias sobre el tema, sino en los que tienen que ver con la economía y las actividades ordinarias (agricultura, minería industria, comercio, etc.)

Por otra parte, Landa et al (2008) señalaron que, en el país la variabilidad climática se asocia a fenómenos con importantes impactos socioeconómicos y ambientales, que podrían verse exacerbados por el calentamiento global. El fenómeno “El Niño” explica una buena parte de la variabilidad climática interanual, relacionándose con la ocurrencia de sequías severas en verano en el norte del país; o con lluvias intensas de invierno en el noroeste. Si los efectos de este extremo climático se incrementan, nuestro país se verá expuesto a eventos de desastre de origen hidrometeorológico, a menos que se corrijan prácticas sociales que incrementan la vulnerabilidad.

Por otro lado, el cambio climático está contribuyendo al incremento en los precios para la producción de los principales cultivos como el arroz, trigo, maíz, sorgo, soja; esto conlleva a que los costos de la alimentación en la producción animal se eleven, lo que se traduce en un aumento de los precios de la carne y

como consecuencia, se espera la reducción del consumo de proteína de origen animal (IFPRI, 2009).

En el documento que se denomina la Economía del Cambio Climático en México coordinado por Galindo (2009), se señaló que, existe evidencia contundente que muestra la estrecha asociación entre el aumento continuo de emisiones de GEI y los impactos climáticos; en particular un aumento paulatino de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación, cambios en la intensidad o en la frecuencia de eventos climáticos extremos y un aumento del nivel de mar. Aunque el problema del cambio climático es de índole global, solamente mediante un detallado conocimiento de la relevancia del problema a nivel nacional hará posible que los países se unan para articular una respuesta global efectiva.

Oswald (2010) propuso que se ha dado una mayor variabilidad y reducción global de la precipitación, lo que ha afectado mayormente a los campesinos de subsistencia de temporal, estimó que para el año 2050 se podría perder por efectos del cambio climático entre 13 y 17% de la superficie de maíz sembrada; desde ahora los cambios en la precipitación pluvial han afectado a estos campesinos, la hipótesis es de que aunque son los más golpeados tienen una oportunidad de desarrollarse para combatir el cambio climático porque emiten menos GEI, debido a que la migración desde las regiones secas es mucho mayor que en las zonas de mayor precipitación, donde se ubica la población con mayor marginalidad.

Este mismo autor señala que México, es uno de los países más afectados severamente, por su orografía, el deterioro ambiental y las prácticas de manejo de los recursos naturales, además de que las políticas gubernamentales y la vulnerabilidad social, dificultan el manejo preventivo de los eventos hidrometeorológicos y/o sequías, se convierten frecuentemente en desastres.

La mayoría de los estudios e investigaciones relacionadas al cambio climático, se enfocan en lo relacionado al efecto invernadero, una reducida parte se centra en el sector agrícola del país y, una proporción aún más escasa a la

porción de la agricultura bajo condiciones de temporal. Las investigaciones de tipo socioambiental deben de ser un factor determinante en la toma de decisiones de la aplicación y elaboración de la política pública del Estado; para generar escenarios climáticos agrícolas y trasladar las conclusiones que conlleven a desarrollar diferentes estrategias para enfrentar los impactos en los agroecosistemas manejados por los pequeños campesinos (González, 2012).

Por otro lado, González (2012) mencionó que culpar a la naturaleza por consecuencias derivadas de políticas erróneas, ineficiencia y corrupción es una excelente coartada. Enunciando además que, los desastres actuales tienen en su origen más las causas sociales que las naturales, a consecuencia del desorden institucional; menciona la paradoja que la población más educada del mundo (países como Alemania, Inglaterra, Francia) es la que mayor impacto negativo produce.

Es así como el IPCC definió como: variación del estado del clima en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades y, puede deberse a procesos naturales, a forzamientos externos o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo (IPCC, 2013). Cabe destacar que Enciso (2017) publicó que el año 2016 ha sido el más caluroso, a partir de los datos de la NASA donde muestran que la temperatura global de la superficie de la tierra se elevó 1.3°C. El cambio climático y el fenómeno del “Niño”, son las causas de las altas temperaturas, 2016 ha sido el año más caluroso desde que existen registros de temperaturas de 1.1°C, por encima del promedio que anunció la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El IPCC ha estimado que las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1.0 °C con respecto a los niveles preindustriales, con un rango probable de 0,8 °C a 1,2 °C, además señala que es probable que el calentamiento global llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052 (IPCC, 2019). Este informe subraya que ya estamos viviendo las consecuencias de un calentamiento global de 1.0 °C. En diferentes foros de análisis se ha

señalado que los países que forman parte del anexo II de la Convención Marco de cambio climático que representa sólo el 20% de la población, son responsables del 40% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Torres, 2019).

Por lo señalado, la agricultura bajo condiciones de temporal es un sistema de producción que depende del comportamiento y distribución de las lluvias durante el ciclo de producción, desde la siembra hasta la etapa de madurez fisiológica y/o comercial, también de la capacidad del suelo para conservar la humedad. Se pronostica que los efectos del cambio climático en la producción bajo condiciones de temporal modifiquen los patrones de cultivos; debido a que normalmente los cultivos de temporal se ven afectados por escasez y/o retraso de las lluvias y en ocasiones por exceso de agua.

En este sentido, se debe considerar también lo siguiente: (a) el 10.5% de la superficie del país es de uso agrícola, 6.5 millones son de agricultura de riego y 14.5 millones de has son de agricultura que se practica bajo condiciones de temporal: es decir, cerca del 70% de la superficie agrícola es de temporal; (b) el sector de la agricultura de temporal está constituido por un gran número de productores que trabajan a un bajo nivel tecnológico y, en gran medida se encuentran excluidos de los beneficios del sistema económico; (c) para su producción se depende en gran medida del clima, principalmente en las variables de temperatura y precipitación.

Por tal motivo se diseñó este proyecto de investigación que está enfocado hacia el estudio, la comprensión y, principalmente la adaptación y mitigación del cambio climático global en la región del Pacífico Sur Mexicano; con la finalidad de (re)orientar la política pública del campo mexicano, de manera sistemática, que involucre elementos que promuevan el cuidado y conservación de los agroecosistemas a través de prácticas o técnicas agroecológicas, como lo han venido desarrollando algunos productores que buscan la sustentabilidad social, económica y ambiental en su región.

En este trabajo se contemplan los antecedentes de la problemática ambiental que diversos autores han trabajado; las preguntas centrales de la investigación, así como las hipótesis y justificación de la temática de estudio señalan la importancia de dicha investigación. Los objetivos planteados expresan de forma general y específica lo que se pretendió en la investigación. Esta tesis está compuesta por siete capítulos:

El primero aborda la parte introductoria del cambio climático, el segundo expone el estado del arte de este problema ambiental; los capítulos tres y cuatro exponen los artículos científicos: (1) Saberes tradicionales locales y el cambio climático global, el cual ha sido publicado en la revista mexicana de ciencias agrícolas (REMEXCA 11(8)) y (2) Percepción social del cambio climático en el pacífico sur mexicano y su relación con la seguridad alimentaria, fue enviado a la revista Desarrollo, Economía y Sociedad, el cual está siendo evaluado. El capítulo cinco muestra algunas evidencias de la variación climática regional específicamente temperatura ambiental y precipitación, ambas variables relacionadas con la producción agrícola; el seis se plantea una propuesta de manejo agroecológico ante el cambio climático regional denominada eointensificación agrícola; el penúltimo expone las conclusiones generales del estudio del cambio climático en la región de estudios y por último se reporta la literatura citada.

Preguntas centrales de la investigación

¿Cuáles son los impactos del Cambio Climático en el ámbito social, económico, ambiental y en la agricultura bajo condiciones de temporal, en la región del Pacífico Sur Mexicano?

¿Cuál es la percepción social, en los productores bajo condiciones de temporal, de los impactos del Cambio Climático, en la región del Pacífico Sur Mexicano?

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe un mundo de desarrollo asimétrico, producto de la globalización, del mal uso y aprovechamiento de los recursos naturales, la extrema pobreza del medio rural; entre otras características, de consecuencias destructoras sobre los campesinos medios y pobres con pocas oportunidades de crecimiento para ellos; por lo anterior, se deben de hacer propuestas de desarrollo que contribuyan a reducir la pobreza, mejorando las opciones de subsistencia de los campesinos que dependen del régimen del temporal, el cual ha sido modificado por el cambio climático global. Todo ello requiere de un cambio del modelo agropecuario para adaptarlo a las necesidades de la economía campesina, más que al revés.

La sociedad en general se encuentra en una etapa donde se manifiesta el agotamiento de un estilo de vida de consumismo y productivismo, sobre todo bajo las condiciones de pandemia, el cual es ecológicamente insostenible y socialmente injusto, además de que es políticamente incorrecto. El reto entonces, en el sector rural, es aplicar técnicas agroecológicas y agroforestales más eficientes en la apropiación de satisfactores como la producción agrícola bajo condiciones de temporal y de manera simultánea se deben de eliminar las prácticas convencionales inadecuadas, como el uso de productos de síntesis química. Todo ello bajo el principio de reordenamiento territorial que exige mantener una tercera parte del territorio en áreas naturales, lo que refuerza las técnicas agroecológicas y agroforestales.

En México se han realizado diferentes estudios relacionados al sector agrícola, y el cambio climático, así tenemos: Gay (2000), Magaña y Conde (2003), dichas investigaciones han sido enfocadas al análisis de los posibles impactos de estas tendencias en las actividades agropecuarias productivas; algunas de las conclusiones de estos estudios sientan las bases para explicar una mayor vulnerabilidad de país ante los efectos del cambio climático; es así como Echeverri (2009) analizó que, es evidente que las clases sociales menos favorecidas y los pueblos indígenas están siendo y, continuarán siendo, los más

susceptibles a los efectos aún no enteramente predecibles de las alteraciones del clima.

En el sector agrícola del país se realizan diferentes actividades que impactan directamente en la economía mexicana; así se tiene que el producto interior bruto (PIB) de México en el cuarto trimestre de 2020 fue del 3,1%, aún con la caída de 10% en 2020 producto de la pandemia a nivel mundial y una estimación de alza de 3% en 2021; es decir, pese al desplome de la economía mexicana se pronostica que sólo sería superado por el de Argentina (-10.4%) (Morales, 2020).

En este mismo sentido, el sector agrícola y la industria de alimentos, bebidas y tabaco crecieron por encima del promedio de la producción nacional, a una tasa de 1.3 y 3.0%; es decir, en términos reales anuales, la producción agrícola, durante los primeros tres meses de 2020 aumentó 0.8% (SIAP, 2021). La economía en México tocó fondo en el segundo trimestre con el cierre de actividades económicas, sin embargo, existen pronósticos de crecimiento del PIB nacional para 2021, los cuales se centran en 3.5%, considerando una mejora estructural de la actividad económica (Rubli, 2021).

Además de lo anterior, los empleos directos e indirectos que se generan en el sector; de acuerdo con los datos del Banco Mundial en el año 2020 el 12,4% de los empleos formales se generaron en el sector agrícola (Grupo Banco Mundial, 2021). Sin dejar de mencionar que para una buena producción se debe de considerar también el capital invertido, la aplicación de insumos, la tecnología, la irrigación, las características del suelo, entre otros, empero, también en gran medida, de los factores climáticos.

Más aún, los rendimientos en la producción agrícola dependen del clima, con impactos heterogéneos, por regiones, no lineales, además de que cada ciclo productivo y cada cultivo tienen diferentes respuestas a las modificaciones de temperatura y de precipitación. Sin embargo, las altas temperaturas propician la aparición de plagas y enfermedades en los cultivos, agravando el riesgo de la pérdida de los cultivos o bajos rendimientos. Las modificaciones en la

precipitación dañan directamente el contenido de humedad del suelo y, por lo tanto, también se ve disminuida la producción de alimentos

Por tanto, en esta investigación se planteó identificar los impactos del cambio climático en el sector agrícola de temporal; la percepción social que tiene los productores agrícolas sobre el tema; mejorar las estrategias de adaptación que han generado para una mejor planificación de actividades de este sector en la región del Pacífico Sur Mexicano.

HIPÓTESIS

- El cambio climático provoca fenómenos con impactos negativos en la agricultura como: sequías, inundaciones, huracanes que causan reducción en el rendimiento de los cultivos anuales y perennes, afectando en el ámbito social, económico y ambiental, afectando a los productores de temporal en la región del Pacífico Sur Mexicano.
- Existen diferencias en la percepción social, de los impactos negativos que causa el cambio climático a nivel de las comunidades rurales, debido a: falta y/o desigual información en el sector rural, falta de difusión de la información existente, diferencia de escolaridad en la población rural, falta de recursos, mayor o menor daño a nivel de su parcela, o simplemente no observan cambios en el clima, los productores bajo condiciones de temporal, en la región del Pacífico Sur Mexicano.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Identificar los impactos del cambio climático en el ámbito social, económico y ambiental, en el sector agrícola bajo condiciones de temporal, en la región del Pacífico Sur Mexicano

- Analizar la percepción social de los productores de la agricultura de temporal, de la región del Pacífico Sur Mexicano y su relación con la variación climática
- Diseñar una propuesta de manejo agroecológico y social, para la mitigación y adaptación de impactos del cambio climático en la región del Pacífico Sur Mexicano.

Objetivos Particulares

- Analizar los impactos y las estrategias de adaptación de los productores de agricultura de temporal, ante los efectos del cambio climático, en la región del Pacífico Sur Mexicano.
- Analizar la percepción social de los productores bajo condiciones de temporal, ante los efectos del cambio climático, en la región del Pacífico Sur Mexicano.
- Identificar las variaciones de la temperatura media y precipitación, sobre la producción agrícola bajo condiciones de temporal, en la región del Pacífico Sur Mexicano.
- Realizar una propuesta de manejo eco-social, para la pequeña agricultura de temporal, en la región del Pacífico Sur Mexicano.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

La región del Pacífico Sur Mexicano

La presencia de los ciclones tropicales en el Pacífico juega un papel determinante en el patrón y cantidad de lluvias de las zonas costeras; el número de ciclones que impacta las costas mexicanas es mayor en el Pacífico que en el Golfo, en promedio tocan 5.3 ciclones el Pacífico y 2.5 en el Golfo (Jáuregui, 1987). Por otro lado, se considera que la gran variación de la precipitación anual se debe principalmente al efecto aleatorio de los patrones de incidencia de los ciclones tropicales en la costa del pacífico (García, Ezcurra y Galicia. 1991). En las últimas décadas, se ha tomado en cuenta que la ocurrencia de “El Niño”, el cual es un factor importante que puede modificar el patrón de la precipitación.

Además de considerar los fuertes vientos que se presentan en el Pacífico en el invierno a los cuales localmente se les conoce como “tehuanos” produciendo el fenómeno llamado “norte”, los cuales son masas de aire polar que cruzan del Golfo de México hasta llegar al Istmo, esta región queda expuesta a la variabilidad climática del fenómeno atmosférico “El Niño” (Bourassa, Zamudio y O'Brien, 1999).

La región del Pacífico tiene características climáticas particulares: fuertes vientos secos en invierno y lluvias en verano. Los periodos con presencia de “El Niño” más intensos han sido 1982-1983 y 1997-1998, sin embargo, la segunda parte de la década de los noventa presenta mayor número, intensidad y daños por inundaciones (Briones, 2008). La mayor parte del territorio es de propiedad social: ejidos, comunidades y núcleos agrarios, la zona está expuesta a riesgos naturales por fenómenos geológicos como los sismos recientemente ocurridos e impacto de fenómenos hidrometeorológicos (huracanes, tormentas tropicales e inundaciones) en ambos litorales (Briones, 2008).

Región del Istmo de Tehuantepec

Los estados que forman parte del Pacífico Sur son Oaxaca, Chiapas y Oaxaca, los cuales tienen graves índices de pobreza y desigualdad social en donde la insatisfacción de las necesidades básicas ha roto parcialmente la cohesión social (Álvarez, 1990).

Respecto de la temperatura, la región se clasifica como isotermal, es decir, la diferencia de la temperatura mínima con la máxima no es mayor a 5°C, por lo que favorece en cierta medida la producción agrícola; la temporada cálida del año, abarca desde marzo a septiembre, los meses de abril y mayo son los más cálidos, mientras que en los meses lluviosos (julio, agosto y septiembre) se observa una disminución en la temperatura, la cantidad y distribución de las lluvias depende en gran medida de la presencia de huracanes. En la región costera de Chiapas y Oaxaca, los vientos tehuantepecanos son los más importantes en el verano, la región Neotropical está conformado por climas cálidos y húmedos y vegetación predominantemente selvática (Espinoza, 2004).

En la región se cuenta con la presencia de huracanes o ciclones tropicales, que su temporada inicia en la primera quincena del mes de mayo para el océano Pacífico (CENAPRED, 2001); de tal forma que las variaciones que presentan las temperaturas y precipitaciones tienen su origen en el desplazamiento que sufren las zonas de los vientos alisios y la faja subtropical de alta presión a lo largo del año (Vidal, 2005). Lo que ha contribuido a estas variaciones es, dentro de otras cuestiones, la acelerada industrialización del trópico húmedo durante el siglo XX significó un cambio radical en la relación de los pobladores con su entorno (Gómez, 2005).

Es así como las desigualdades sociales son preocupantes, en las viviendas indígenas de Guerrero y Oaxaca no cuentan con agua potable entubada en su vivienda, esta carencia se eleva casi al 62% (INEGI, 2006). Pese a su biodiversidad, la mayor parte de la población rural está en pobreza, lo cual en ocasiones se compensa con migración laboral (COESPO, 2008).

De acuerdo con Reyna et al (2012), la interacción que existe entre la temperatura y la precipitación con los factores como altitud, relieve hacen posible que en la región no presente climas extremos además que, las áreas con vegetación natural se han disminuido seriamente, debido a la expansión de la frontera agrícola y ganadera, a pesar de la baja rentabilidad de los suelos del Istmo (Lucio, 2012). En este contexto, para seguir evitando pérdidas ambientales, en México se aplican acciones para la mitigación del riesgo por efectos de ciclones tropicales, para ello se elaboró el Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales de México (CENAPRED, 2014).

Sin embargo, se debe señalar que, las políticas ambientales instrumentadas a partir de convenciones internacionales en la materia no han considerado las múltiples afectaciones a los ecosistemas (López, 2015); más aún, a nivel estatal se refleja la alta marginación, además de que sus indicadores de marginalidad están por debajo de la media nacional, no puede dejarse de señalar que la zona presentó una media de muy alto nivel de marginación, por ejemplo en el estado de Guerrero, la región Centro y Montaña cuenta con las regiones más marginadas, inclusive del país (Morales, 2015).

El Istmo de Tehuantepec es la parte más angosta del país, se localiza al sureste, en el estado de Oaxaca. Está conformado por los distritos de Juchitán y Tehuantepec; abarca una extensión territorial de 1,997,557 ha, la mayor parte de las tierras (341,862 ha) se destinaron a la agricultura (INPI, 2017), principalmente se cultivan maíz, ajonjolí, jamaica para autoconsumo, tales cultivos en los años recientes han sido desplazados por ortos comerciales como mango, melón, sandía, principalmente; la pesca es otra actividad fundamental para la subsistencia familiar.

Por lo anterior, para relacionar las causas y los efectos del cambio climático en la agricultura de temporal a escala local-municipal-regional, se planteó la identificación de los municipios más vulnerables en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca y los municipios más necesitados de la región Costa Chica de Guerrero, ambas regiones situadas en zona agroecológicas similares.

La Costa del Pacífico, es una llanura alargada y angosta, de ahí el nombre de “Costa Chica”; el clima dominante es cálido subhúmedo. Las principales actividades socioeconómicas de ambas regiones son (además de la agricultura y la ganadería), la pesca y el turismo.

Los municipios de la región Costa Chica de Guerrero en que se aplicaron las entrevistas son: Ayutla de los libres, San Marcos, San Luís Acatlán, los cuales tienen un índice de marginación igual o superior a 1.12781, es decir, en todos se presentan marginación y pobreza catalogados como de muy alta marginación (según criterios del CONAPO), lo que indica que en su mayoría la población carece de servicios públicos básicos de drenaje, agua entubada, luz eléctrica y tienen problemas de analfabetismo.

La agricultura en México

Los tipos de agricultura que se practica en el país corresponden a una variación respecto de: (a) condiciones medioambientales y socioeconómicas, (b) utilización o no de maquinaria agrícola, (c) aplicación de insumos de síntesis químicas, (d) si son tierras de riego o de temporal, principalmente. A pesar de ello, el mal manejo de la política agrícola propició el abandono de áreas de agricultura tradicional y de subsistencia, y un enorme rezago tecnológico y financiero en aquellas regiones de agricultura comercial, en las que en los años 40's, se introdujo el uso de insumos agrícolas, maquinaria agrícola y semillas mejoradas, y que conocemos como zonas de agricultura moderna (Hernández, 1985).

La CEPAL (2016) señaló que a pesar de las condiciones de marginación y aislamiento que presenta el medio rural, la agricultura es la actividad que posibilita el desarrollo de casi todas las demás actividades económicas, además señala que la población rural es el 23% respecto del total. Sin embargo, la proporción de la población rural empleada en actividades agropecuarias y forestales ha disminuido considerablemente en las últimas décadas, así se tiene que el empleo en el sector agropecuario en los años cincuenta creció a tasas menores al 1% anual; desde los años noventa hasta la actualidad, la ocupación

en el sector agropecuario se ha estabilizado en un nivel entre 6 y 7 millones de trabajadores (CEPAL, 2016).

La superficie de México es de 196.4 millones de ha, el área dedicada a la agricultura es de 21 millones de ha aproximadamente (alrededor del 10.5% del total de la superficie); 6.5 millones son de agricultura de riego y 14.5 millones de ha son de agricultura que se practica bajo condiciones de temporal: es decir cerca del 70% de la superficie agrícola es de temporal (INEGI, 2017).

Respecto de la agricultura de temporal en México, para fortalecer la producción de alimentos básicos como maíz y frijol, sobre todo bajo las políticas de autosuficiencia alimentaria del actual gobierno es indispensable la generación de tecnologías adecuadas, para el desarrollo económico y social, que permita a las familias campesinas mejorar su calidad de vida y tener acceso a la alimentación en calidad y cantidad.

Tipos de agricultura en México

La agricultura que se practica en el país, como actividad económica se encuentra ubicada en el sector primario, juega un papel determinante en la economía mexicana, debido a su contribución en la producción alimentaria, materias primas, fuerza de trabajo, generación de empleos. En el caso del subsector de agricultura campesina de temporal la producción es principalmente para autoconsumo en las unidades de producción rural (UPR) considerando la alimentación de la ganadería de traspatio como aves de corral y animales de trabajo, cuando se logra tener un excedente se busca la comercialización de productos agropecuarios o su intercambio en mercancías.

La agricultura se puede dividir según distintos criterios de clasificación, por ejemplo; de acuerdo con el uso del agua (riego) o de temporal, sin embargo, los tipos de agricultura corresponden también a la diversidad de condiciones agroecológicas y diversidad social en las que se practica; de la tecnología empleada, entre otras. De lo anterior, se puede definir tres tipos de agricultura: la empresarial o moderna, la de subsistencia o tradicional, y la agricultura transicional (SAGARPA, 2014).

Agricultura tradicional o de Subsistencia. Hernández (1980), definió como agricultura tradicional de la siguiente forma: se distingue por una prolongada experiencia empírica; la comprensión detallada y fina del ambiente; la transmisión del conocimiento y habilidades a través de educación no formal; un acervo cultural heredado ancestralmente; la presencia de un conjunto diverso de plantas en espacios definidos como agroecosistemas, es decir, ecosistemas modificados por el ser humano para obtener diferentes satisfactores.

Uno de sus objetivos primordiales es lograr estabilidad en la producción y la satisfacción de las necesidades alimenticias de la familia o la comunidad, no la acumulación de capital; aunque puede adaptarse a modos de producción intensivos, así como adoptar y adaptar innovaciones de acuerdo con sus necesidades (Hernández, 1980).

Por su parte Volke y Sepúlveda (1987) mencionaron que la agricultura tradicional es la que practica el subsector agrícola que está constituido por un gran número de productores que trabajan a un bajo nivel tecnológico, ocupan importantes superficies de tierra de labor; por su parte El maestro Efraín Hernández X. (1988) realizó una caracterización de la agricultura tradicional en México, señalando que se practica en áreas con pendientes muy accidentadas, con deficiencias de lluvias, en suelos someros, baja fertilidad del suelo, predominantemente uso de animales de trabajo y de herramientas manuales, escasez de crédito, asistencia técnica, principalmente.

También señalo que la agricultura convencional se caracteriza por el uso de tecnología masiva, se vuelve dependiente del capital, por tanto, el uso de créditos, de tal forma que ejerce presión para que los productores para que adopten las innovaciones agrícolas, cuenta con el apoyo de las industrias de fertilizantes, principalmente. Todas es características siguen vigentes actualmente, debido al sistema económico capitalista del país.

Del total de 4 millones 69 mil 957 unidades productivas con actividad agropecuaria que existían en 2007, el 66% contaba con superficies inferiores a cinco hectáreas; en 1991 la proporción era de 55% de un total de 3 millones

823 mil 63 unidades (Franco, 2014), es decir, el minifundio en México también ha sufrido cambios, además de que en gran medida se encuentran excluidos de los beneficios del sistema económico; producen fundamentalmente a un nivel de subsistencia y con base en tecnologías tradicionales, carecen de suficiente capital para el desarrollo de su actividad agropecuaria.

Agricultura empresarial. Tiene características propias como: uso maquinaria, aplicación en grandes cantidades de agroquímicos, pago de mano de obra asalariada, uso de agua para riego, pago de seguro agrícola, cultivos especializados, mecanización en varias actividades de los procesos agrícolas; o como lo señaló Flores (2013) su carácter es empresarial con rentabilidad muy alta en el mercado; ubicada principalmente en Sinaloa, Tamaulipas, Sonora, Jalisco.

Agricultura transicional. En este tipo se identifica el segmento de las pequeñas unidades productivas con baja producción, tecnología básica, productora de granos básicos para el autoconsumo principalmente y el excedente se destina a mercados locales y regionales (CEPAL, 1982). Este tipo de agricultura toma características de las dos anteriores, por un lado, representa sistemas agrícolas productivos y gente capitalista, educada e innovadora (Hernández, 1988).

Agricultura y cambio climático global

La FAO previó la problemática sobre la agricultura, por ejemplo, en la década de los 80 y 90's en el estado de Oaxaca se observó el deterioro de la producción del maíz con el incremento de diferencias entre las superficies sembradas y las cosechadas; la superficie sembrada, producción y rendimientos promedio disminuyeron. La diferencia entre la superficie sembrada y cosechada se explican por la presencia de heladas, sequias, fuertes vientos o exceso de lluvias, donde los siniestros alcanzaron hasta un 30 % de la superficie cultivada (Bautista, 1999).

En México existen previsiones que afirman que ningún estado del país estará exento de la escasez de agua, habrá más reducción de zonas agrícolas y aumento de enfermedades por contaminación de aire y del agua. La escasez de agua será el primer indicio de la crisis ambiental y social, se reducirán los espacios de aptitud para cultivo como el maíz, es decir, las superficies no aptas para el cultivo aumentarán (Velasco, 2007). Actualmente, la producción de alimentos es deficitaria; la dependencia alimentaria de maíz promedió 31.9%; frijol 8.2; trigo, 42.8, y arroz 67.9%. La prolongación de esa tendencia es insostenible hacia el año 2025, ya que habría que importar uno de cada dos kilos de maíz consumidos en México (Velasco, 2007).

Ante una serie de problemas sociales, económicos, ambientales y políticos, se vive un cambio de época que demanda nuevos patrones de producción y consumo, los que habrá que desarrollar la ciencia formal junto con saberes tradicionales, los paradigmas tecnológicos, económicos y culturales del mundo campesino (Bartra, 2008). Dado que la rapidez del crecimiento de la población urbana y de la industrialización está sometiendo a una gran presión a los recursos hídricos y a la protección medioambiental en muchas ciudades.

Existen algunos trabajos como los de Jarvis et al (2008) que señalaron que es probable que los cultivos que actualmente se encuentran cerca de los umbrales climáticos, por ejemplo, uvas de vino en California, sufran disminuciones en el rendimiento y en su calidad con un calentamiento, además señalan que los rendimientos del algodón, soja y cebada cambien más que los del maíz y trigo.

Sin embargo, ni el cultivo de maíz transgénico que implica grandes riesgos, ni la agricultura de conservación del proyecto modernización sustentable de la agricultura tradicional (Masagro) serán la solución al déficit del campo mexicano (Turrent, 2011); además de lo anterior, se debe de fortalecer el mercado interno local para asegurar el abasto, considerando que los precios sean accesibles para las familias de bajos ingresos, de tal forma que en un periodo corto se logre la seguridad alimentaria.

La FAO (2011) confirmó esta situación en su informe titulado “Cambio Climático, Agua y Seguridad Alimentaria” en el cual expone que el cambio climático tendrá graves consecuencias con respecto a la disponibilidad de agua para producir alimentos y en la productividad de los cultivos de las próximas décadas. Esto es debido a que la productividad de los sistemas agrícolas, forestales y piscícolas dependen principalmente de la distribución temporal y espacial de la precipitación y de la evaporización, así como de la disponibilidad de recursos de agua dulce para el riego, especialmente de cultivos.

El IPCC estima que más del 80% de las tierras agrícolas del mundo dependen de la lluvia, en dichas regiones la productividad de los cultivos depende de una precipitación suficiente para satisfacer la demanda evaporativa y la consiguiente distribución de humedad del suelo. Estudios realizados en México previeron que aquí se podrían experimentar pérdidas de productividad de entre 30 y 85 % de todos los cultivos (Velasco, 2012).

Se dedujo que las mayores afectaciones y pérdidas se dará en los países en desarrollo, y que la adaptación al cambio climático en ellos es un proceso esencial, debido a que las economías dependen en gran parte de sectores vulnerables al clima (CINU, 2013). Como es el caso de México, donde una parte importante de la población es de tipo rural, de acuerdo con datos del INEGI (2016) la población total del país en 2015 era de 119.5 millones de habitantes, de los cuales 92 millones vivían en zonas urbanas, mientras que 27.5 millones habitaban zonas rurales, es decir, el 23% de la población eminentemente rural y, la mayoría de las familias dependen de la agricultura, y en otras la practican y producen lo necesario para su consumo.

Cambio climático global y su relación con los GEI

La mayoría de los estudios ambientales relacionados con el cambio climático coinciden que el primer estudio que aportó las bases científicas (con aportación de datos), demostrando que el incremento de CO₂ en la atmósfera podía provocar un aumento significativo de la temperatura de la tierra, fue el de E. Foote en 1856. Foote mostró que el CO₂ es un gas de efecto invernadero: “El

receptor que contenía el gas se calentó mucho, muy sensiblemente más que el otro, y al ser retirado, tardaba muchas veces más en enfriarse” (Foote, 1856).

Por su parte Fleming (1998) señaló que John Tyndall en 1859 identificó el metano (CH₄), bióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua como gases que absorbían radiación y calentaban la atmósfera terrestre, dichos gases después se clasificaron como GEI, dando origen al concepto del efecto invernadero; es así como el cambio climático es un problema de carácter global, debido a las consecuencias que conlleva tanto ambiental como socioeconómico.

Los niveles de dióxido de carbono y otros GEI han incrementado su concentración en la atmósfera y están contribuyendo a los cambios en el sistema climático, evidenciados por el aumento de las temperaturas del aire y del océano, el deshielo en los polos y el aumento del nivel del mar (FAO-SAGARPA, 2012b). Se señala que pequeños cambios en la composición de la atmósfera podrían producir variaciones climáticas elevadas, lo cual se reportó en su trabajo Contributions to molecular physics in the domain of radiant heat (Black, 2013).

Uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a combatir el cambio climático es el denominado “Protocolo de Kioto”, implementado a partir del año 2002, sucesor de la Convención Marco de las Naciones Unidas, en donde quedó establecido que los seis gases de efecto invernadero son: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); hidrofluorocarbonos (HFC); perfluorocarbonos (PFC); hexafluoruro de azufre (SF₆). El Protocolo, representa un importante paso para reconocer que son los países industrializados los principales responsables de los elevados niveles de emisiones que actualmente se emiten en la atmósfera, resultado del uso de combustibles fósiles.

Gases de Efecto Invernadero y el sector agropecuario en México

En 1985, se descubrió un "agujero" en la capa de ozono en la Antártida, el PNUMA condujo a un acuerdo mundial: el “Protocolo de Montreal” de 1987,

cuyo objetivo fue la reducción progresiva de la producción y consumo de clorofluorocarbonos (CFC), acuerdo que entró en vigor en 1989 (Leggett, 1996); para 1990, la destrucción de la capa de ozono era más extensa y las partes concertaron la supresión progresiva para el año 2000, en lugar de la reducción.

Las actividades agropecuarias también han contribuido al calentamiento global y al cambio climático, siendo parte de la destrucción de la capa de ozono, sin embargo, la agricultura del minifundio en México utiliza pequeñas cantidades de agroquímicos, son estos campesinos los que sufren más los efectos de tales alteraciones climáticas; de ahí la importancia que resulta la atención a tal sector social; además de que generan menos GEI. En este sentido, la FAO (1999) propuso que, al corto plazo, las actividades agrícolas y forestales, pueden jugar un papel importante en la reducción del CO₂ atmosférico, debido a que bajo condiciones adecuadas los suelos agrícolas pueden actuar como sumideros de CO₂.

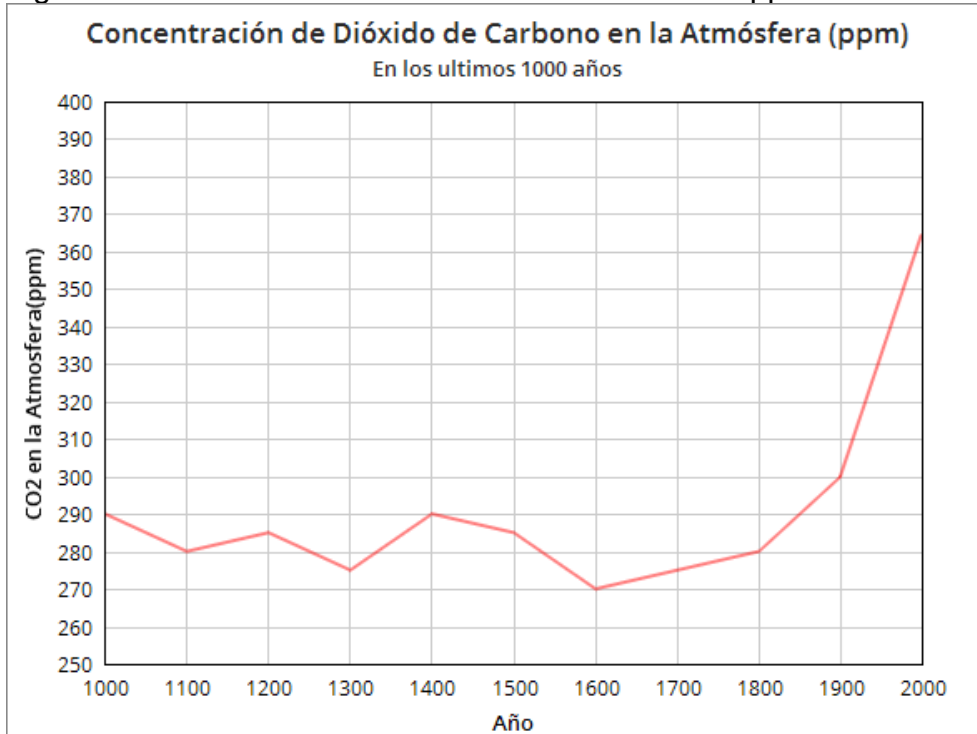
Los GEI al tener contacto directo con la radiación de onda corta se calientan, debido a que la atmósfera superficial se va enfriando conforme el aire asciende. Es decir, el llamado “efecto invernadero” proviene de una similitud con las instalaciones construidas para cultivar en un ambiente más cálido; dado que el techo de un invernadero tiene la misma propiedad de dejar entrar la radiación solar y bloquear la radiación terrestre (Magaña et al., 2004).

Es preciso señalar que las variaciones y cambios climáticos también son de origen natural y, se han presentado a lo largo de la historia de la formación de la tierra; sin embargo, lo que actualmente se plantea es que las diferentes actividades antropogénicas han contribuido al aumento e intensidad de las anomalías del clima, modificándolo en periodos de tiempo relativamente cortos.

En los últimos años, la acumulación de GEI ha aumentado considerablemente, lo que conlleva al aumento de temperatura de la atmósfera. La actividad antropogénica contribuye significativamente a este aumento, como es el caso de la industria, actividades agropecuarias, deforestación; entre otras. Así

tenemos por ejemplo el caso del CO₂, donde la concentración en la atmósfera ha ido en contante aumento, como se observa en la siguiente Figura 1.

Figura 1. Concentración de CO₂ en la atmósfera en ppm



Fuente : <http://cambioclimaticoglobal.com/wp-content/uploads/2016/01/gw1.png>

Las emisiones de GEI del sector agropecuario en México, están dadas principalmente por emisiones directas derivadas de la forma de calentamiento del estiércol del ganado, principalmente estabulado. Las emisiones de las actividades agrícolas están dadas de forma directa por la aplicación a los suelos de fertilizantes químicos, uso de maquinaria, aplicación de plaguicidas, abonos naturales y de forma indirecta por los fenómenos de volatilización-lixiviación de compuestos de nitrógeno derivados de fertilizante. Además, hay emisiones directas derivadas de la quema de caña de azúcar y del cultivo de arroz principalmente.

El sector agropecuario para su funcionamiento genera GEI, sin embargo, también es una alternativa para la fijación de algunos, aparte de ser el sector estratégico básico para la producción de alimentos, al mismo tiempo es multifuncional debido a la liberación de oxígeno a la atmósfera al actuar como

sumidero de CO₂. Estévez (2010) mencionó que los cultivos y la vegetación en general, por su capacidad fotosintética, toman CO₂ de la atmósfera y lo utilizan para sus procesos bioquímicos en la producción de biomasa.

México contribuye con aproximadamente 1.6% del total de las emisiones de GEI, ocupando el lugar 13^{avo} a nivel mundial dentro de los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático; aunado a que es uno de los países con mayor población (INE-SEMARNAT, 2012).

Fenómeno atmosférico “El Niño”

Este fenómeno atmosférico se conoce como: “El Niño”, “Oscilación del Sur”, o “ENOS”, siendo parte fundamental del sistema global climático, resultado de una fluctuación del sistema océano-atmósfera (Allan, Lindesay & Parker, 1996). Con esta anomalía atmosférica se observó un calentamiento superficial del mar; se presenta en una región más extensa, que se extiende desde el Pacífico Central, hasta el Pacífico Tropical, modificando patrones climáticos globales (Trenberth, 1997). En México según Magaña y Morales (1999) los impactos de “El Niño” durante el invierno pudieron describirse de manera general como lluvias y fríos anómalos en el norte de México, por causa de una alteración en la circulación invernal sobre Norteamérica.

Es un patrón oceánico-atmosférico que se caracteriza principalmente por la variabilidad de la temperatura superficial del océano, la circulación de los vientos alisios y la profundidad de la termoclina o capa de mezcla (Sheinbaum, 2003). Se reconoce que la presencia de un evento el Niño, puede afectar de manera considerable los patrones de distribución de la precipitación y la temperatura. Magaña et al (2004) mencionaron que, durante el verano el Niño provoca que las lluvias en la mayor parte del país disminuyan, llegando con frecuencia a producir sequías severas.

“El Niño” también es el nombre que los pescadores peruanos le han dado al fenómeno atmosférico meteorológico; se presenta en la época navideña,

cambia los patrones climáticos locales y provoca lluvias en áreas normalmente con poca precipitación y sequías en donde generalmente llueve en abundancia (López, 2009).

Impactos de “El Niño” en la agricultura en México

Provoca mayores precipitaciones en invierno y escasez de agua en verano, afecta de forma negativa la producción agrícola de temporal; es evidente la disminución de la precipitación durante el verano afectando el ciclo agrícola primavera - verano en el país. Los cultivos de temporal en México son sensibles a cualquier modificación en la estación de lluvias. Ya sea por retraso, por irregularidad o deficiencia, se ha observado una sensible disminución en los rendimientos, aunado a que más de la mitad de la superficie del país se clasifica climáticamente como árido y/ semiárido.

Los Niños que más afectaron el territorio mexicano fueron los de 1982-1983 y 1997-1998 (Magaña, 1999). Se determinó que durante el verano del 97 se presentó una de las mayores sequías que ha experimentado el país afectando prácticamente en todo el territorio el ciclo agrícola primavera-verano, que es fundamental para la producción agrícola nacional, provocando una de las más severas catástrofes ecológicas y sociales en la historia del país (Magaña et al, 2004).

Respecto del sector agropecuario en México, la SAGARPA (2012) menciona que se ha sufrido una serie de cambios y adaptaciones a lo largo de los años, tanto por modificaciones en las condiciones de la tierra, las variaciones en el clima y los cambios en las demandas de la sociedad. En ocasiones, esto se ha hecho al modificar las prácticas de manejo de las unidades agropecuarias y por la sustitución de cultivos o razas, entre otras causas.

Percepción social del cambio climático en México

El caso de México en la agricultura de temporal para la producción de maíz Cruz (2011), realizó una investigación con los Mazahuas del norte del Estado de México, rescatando que los campesinos se han visto obligados a hacer

ajustes en el calendario agrícola, dando lugar a una dicotomía entre el tiempo meteorológico, el tiempo ritual y el tiempo de labor agrícola, sumándose una notable disminución de la producción agrícola.

Por otro lado, Solís y Salvatierra (2012) señalaron un estudio de Echeverri en 2009 sobre la percepción del cambio climático por grupos indígenas localizados en la Amazonía Colombiana, destacando que tales grupos han acumulado un amplio y sofisticado conocimiento sobre los ciclos estacionales. Los principales resultados de este estudio señalan que más que el impacto del incremento de la temperatura ambiental, son los cambios en la precipitación y la estacionalidad los que tienen mayor impacto en las actividades de subsistencia, principalmente en la horticultura, la reproducción de peces y, en la salud humana.

De lo anterior podemos rescatar que la percepción del cambio climático y sus consecuencias en los países industrializados ha servido como una herramienta para la generación de políticas públicas, dirigidas a tomar medidas de disminución de los efectos y/o impactos del cambio climático, de ello podemos citar al protocolo de Kioto.

Solís y Salvatierra (2012) citaron que es interesante contrarrestar la concepción que se tiene de los recursos naturales, entre la mentalidad occidental y la de ciertos grupos indígenas. Debido a que los primeros tienen una idea de carácter ilimitado de los recursos naturales y, como resultado de la problemática ambiental, han empezado a cambiar la percepción sobre ellos; por lo contrario, los pobladores campesinos, perciben los bienes como disponibles en cantidades limitadas y con poca o nula capacidad de renovación, por lo que se explica su cuidado y consciencia que tienen sobre sus recursos.

También en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrada en París en 2015, se alcanzó el acuerdo para combatir el cambio climático con un mayor apoyo económico para ayudar a los países en desarrollo, lo que se conoce como los acuerdos de París, el acuerdo 2 en el inciso "a" señala:

“mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático” (Naciones Unidas, 2015, 3).

Marco legal del cambio climático

Las características geográficas y socioeconómicas del país demuestran que es preciso emprender acciones urgentes para que las poblaciones vulnerables puedan minimizar estos impactos de la crisis climática. Se ha mostrado con algunos escenarios climáticos que los bosques tropicales secos y espinosos podrían ocupar mayores superficies que en la actualidad, es decir, estos ecosistemas se verán beneficiados, mientras que algunas selvas húmedas podrían ser beneficiadas ligeramente por el aumento en la precipitación, inclusive algunos cultivos como el arroz, trigo, cereales podrían beneficiarse del aumento en la concentración de CO₂ (Salazar y Masera, 2010); esto no tiene comparación con los efectos negativos de este problema ambiental.

Es así como México ha asumido responsabilidades y compromisos ante el régimen internacional de cambio climático y, en este sentido, está obligado a cumplirlos. Para ello se requiere que a nivel nacional y estatal exista un marco regulatorio al respecto. Para México, en términos de legislación sobre cambio climático y en general de la atención de este problema, un parteaguas fue ser anfitrión de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático (COP 16), después de la fallida COP-15 en Copenhague, que no entregó los resultados que se esperaban de ella; en 2010 México asumió el liderazgo porque recibiría a la Conferencia de las Partes de la CMNUCC a finales de ese año en Cancún.

Situación internacional del cambio climático

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), ha constituido una estructura general intergubernamental para resolver el

desafío del cambio climático global. Se ha reconocido que el sistema climático es un recurso compartido cuya estabilidad puede verse afectada por actividades antropogénicas. Los gobiernos recogen y comparten la información sobre las emisiones de GEI, las políticas nacionales y las prácticas óptimas. Ponen en marcha estrategias nacionales para abordar el problema de estas emisiones y adaptarse a los efectos previstos; firmada por México en junio de 1992, México hizo constatar en el ámbito internacional su consentimiento de obligarse a cumplir con los lineamientos establecidos en este instrumento (SEMARNAT, 2009).

En el marco internacional México es considerado nación en desarrollo y, por tanto, no tiene compromisos cuantificables de reducir sus emisiones de GEI, en estricto sentido la situación en las negociaciones internacionales difiere de las de Canadá y los países que sí forman parte del Anexo I; a pesar de ello, México ha mostrado cierta voluntad de contribuir en los esfuerzos internacionales en la materia.

En el Apéndice II del Acuerdo de Copenhague (AC) derivado de la COP-15, México estableció un compromiso de reducir en 30% sus emisiones de GEI para el año 2020, siempre y cuando exista apoyo financiero y tecnológico de los países desarrollados. A diferencia de los otros dos países la contribución de México a la reducción de emisiones no estuvo ligada a la aprobación de la legislación respectiva. En la Ley General de Cambio Climático, México asumió el mismo compromiso que ante el AC, (Ávila, 2012).

Protocolo de Kioto

Es uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a la lucha contra el cambio climático, tiene por objetivo reducir las emisiones de los gases que causan el calentamiento global. El protocolo señala que se deben de reducir a un 5%; sin embargo, es preciso señalar que esto no significa que cada país deba reducir sus emisiones de gases regulados en un 5% como mínimo, sino que este es un porcentaje a nivel global y, por el contrario, cada país tiene sus propios porcentajes de emisión que debe disminuir, El Protocolo

fue inicialmente adoptado en diciembre de 1997 en Kioto, Japón, entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. En noviembre de 2009, eran 187 jefes de Estados los que ratificaron el Protocolo, (CMNUCC, 1988).

El Protocolo se encuentra dentro del Marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro; se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de al menos un 55% de las emisiones de CO₂; el texto del Protocolo de Kioto se adoptó por unanimidad en 1997, además del cumplimiento que estos Países han hecho en cuanto a la emisión de GEI se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global (SMDS, 2009).

El Protocolo estableció una serie de mecanismos de mercado para facilitar el cumplimiento de los compromisos de mitigación de los países desarrollados y promover el desarrollo sustentable en los países en desarrollo: Comercio de Derechos de Emisiones; Implementación Conjunta y Mecanismo para un Desarrollo Limpio. El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) es el único instrumento que permite la realización de proyectos de reducción de emisiones entre países desarrollados y países en desarrollo (SEMARNAT, 2015).

Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL)

Es un instrumento contemplado en el Protocolo de Kioto, según su artículo 12 el objetivo del MDL será colaborar con los esfuerzos de los países no incluidos en el Anexo I para lograr el desarrollo sustentable y colaborar con los esfuerzos de los países incluidos para que cumplan con sus compromisos de reducción o limitación de emisiones. Este mecanismo permitió a los países desarrollados participar en proyectos que eviten un determinado nivel de emisiones en los países subdesarrollados, recibir a cambio créditos de reducción de emisión y computarlos a su favor en su propia cuota de reducción (SEMARNAT, 2009).

Situación nacional del cambio climático

El tema de cambio climático cobró importancia a nivel nacional a partir de que el Gobierno Federal incluyera el concepto por primera vez en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012; en este contexto, la mayoría de los programas sectoriales de ese periodo incluyeron líneas de acción para su atención. En 2009 la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) publicó el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC), para cumplir con los compromisos adquiridos por el País al ratificar la CMNUCC.

México actualmente cuenta con un marco legal que coordina y sistematiza las políticas públicas, los planes, programas y acciones requeridas para disminuir la contribución de México al cambio climático, tener mejores herramientas para adaptarnos a sus efectos adversos como los efectos negativos en la agricultura; con ello quedaría constituida una política de Estado al respecto y sentaría bases sólidas para encaminar al país hacia el desarrollo sustentable (Sarukhán, 2012).

La Ley General de Cambio Climático (LGCC) publicada en el DOF en 2012, contempla regular las emisiones de GEI, para lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera; regular y fomentar la educación e investigación en materia de mitigación y adaptación al cambio climático; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país ante los efectos del cambio climático; establecer un diálogo con la sociedad y promover una economía competitiva, eficiente y de bajas emisiones de carbono.

La LGCC define las responsabilidades de los tres niveles de gobierno y los mecanismos de coordinación entre éstos; transforma el Instituto Nacional de Ecología (INE) en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), convirtiéndolo en un organismo descentralizado de la administración pública federal, y establece el Sistema Nacional de Cambio Climático como un mecanismo permanente de comunicación, coordinación y cooperación. También crea el consejo consultivo para emitir recomendaciones al Sistema Nacional de Cambio Climático con el fin de evaluar la política nacional en la

materia, sobre una base regular y sistemática, y para revisar el cumplimiento de los objetivos, metas y acciones del Programa Especial de Cambio Climático (Ávila, 2012).

La LGCC es sin duda un paso firme frente al problema, sin embargo, para su eficaz aplicación habrán de fortalecerse aspectos que quedaron confusos, como el hecho de que las medidas para reducir emisiones se harán de manera gradual. De igual forma, las medidas de mitigación serán efectuadas de manera voluntaria, lo que los coloca en un esquema de poco compromiso.

A través del PECC, el Gobierno Federal se dispone a demostrar que es posible mitigar el cambio climático y adaptarse, sin comprometer el proceso de desarrollo e incluso con beneficio económico (Mijangos y López, 2013). Sin embargo, son insuficientes si no se avanza hacia la reestructuración económica.

Por su parte, el marco de la sesión de LEAD-México 2016 en la conferencia “cambio climático y retos para México” la presidenta de la comisión de cambio climático de la Cámara de Diputados federal, señaló que los estados están obligados a elaborar una ley estatal de cambio climático. Sin embargo, el avance que registran las entidades en esta tarea es de 62%; entre los estados que no cuentan con dicha legislación, se encuentran Sonora, Sinaloa, Nuevo León y Tamaulipas (Anónimo, 2016).

Programa Especial de Cambio Climático (PECC)

A nivel nacional el INECC, ha promovido la creación de los programas de acción ante el cambio climático (PEACC) que regionalmente se convierten en instrumentos de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables.

El PECC retomó y articuló las acciones establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y los programas de 14 secretarías de Estado. La obligación de emitir el PECC emana de la LGCC que en su artículo 66 dispone que este Programa será elaborado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con la participación y aprobación de la Comisión

Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) y que en él se establecieron los objetivos, estrategias, acciones y metas para enfrentar el cambio climático mediante la definición de prioridades en materia de adaptación, mitigación, investigación, entre otros, de acuerdo con la ENACC (DOF, 2014) .

Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC)

Fue desarrollada por la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático en el año 2007 (CICC, 2007) con el objetivo de coordinar las acciones relativas a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para prevención y mitigación de emisiones de GEI, a la adaptación frente a los efectos del cambio climático y, para promover el desarrollo de programas y estrategias de acción climática relativos al cumplimiento de los compromisos suscritos por México en la CMNUCC y los demás instrumentos derivados del Protocolo de Kioto.

Se destaca la creación de un fondo para el cambio climático que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público constituyó; estos recursos estarán destinados al apoyo de las acciones para enfrentar el cambio climático, incluyendo, la atención de grupos sociales y programas de desarrollo sustentable, conservación de recursos naturales, educación, investigación.

La federación y los estados en el ámbito de sus respectivas competencias deberán diseñar e implementar instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos de la política nacional en materia de cambio climático. En el otorgamiento de estímulos fiscales serán prioritarias actividades de investigación, incorporación de equipos y tecnologías que eviten, reduzcan o controlen emisiones, de eficiencia energética, así como de desarrollo de energías renovables y tecnologías de bajas emisiones de carbono, entre otras.

Este es el fundamento legal que ampara a todas las entidades federativas para contar con su propia ley estatal de cambio climático; sin embargo, una dificultad de la implementación de estas leyes, a pesar del gran interés de la comunidad internacional es que se necesita una coordinación entre las dependencias, por

ejemplo, el sector forestal, impacta el sector ambiental, pero también el sector agrícola y de ordenamiento territorial.

El número de leyes no es un indicador confiable del compromiso que el país ha adquirido para las acciones de cambio climático, porque, no todas estas leyes tienen el mismo alcance y, que su impacto depende en demasía del contexto institucional del país; las leyes son fundamentales en el contexto de las cumbres internacionales; es decir, en la discusión sobre las metas a seguir a nivel internacional. Las leyes estatales relacionadas al cambio climático se han ido aprobando y publicando después de la LGCC del 2012.

Ley estatal de cambio climático de Oaxaca

El 28 de noviembre de 2013 se publicó la ley estatal en el Periódico oficial del Estado de Oaxaca, sus últimas reformas se realizaron el 10 de noviembre de 2018 derogando la ley del Equilibrio Ecológico del estado, para crear la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Oaxaca; esto permitió a la población oaxaqueña tener políticas públicas en busca de acciones de adaptación, prevención de desastres y mitigación de una manera participativa, con metas a corto, mediano y largo plazo.

Lo rescatable de la Ley respecto de sus objetivos específicos, como lo señala el artículo 2 fracción I: busca establecer la concurrencia de facultades del Estado y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático, la mitigación de emisiones GEI, la reducción de riesgos climáticos. Estas acciones deben considerar el enfoque de género y realizarse respetando los derechos humanos y la de los pueblos y comunidades indígenas y del pueblo afroamericano (Periódico Oficial, 2013)

Oaxaca es uno de los estados que más se ve afectado por el cambio climático: fenómenos hidrometeorológicos en la zona costera, sequías que afectan a las regiones del Istmo de Tehuantepec y Mixteca, heladas intensas en la Sierra Norte. Otro de los objetivos centrales de la ley fue impulsar la formulación e implementación del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático.

Programa Estatal de cambio climático de Oaxaca

A partir de la ley general de cambio climático y la ley estatal señalada, se generó el Programa Estatal de cambio climático, el cual señala que las acciones en materia de mitigación se encaminan a disminuir los GEI, respecto de las medidas de adaptación buscan disminuir la vulnerabilidad y riesgos de desastres ante fenómenos hidrometeorológicos extremos; en tanto que las medidas de capacitación buscan crear consciencia y brindar información para que el gobierno y la población estatal participen de manera activa (PECC OAXACA, 2018).

Calentamiento atmosférico en la región del Pacífico Sur Mexicano

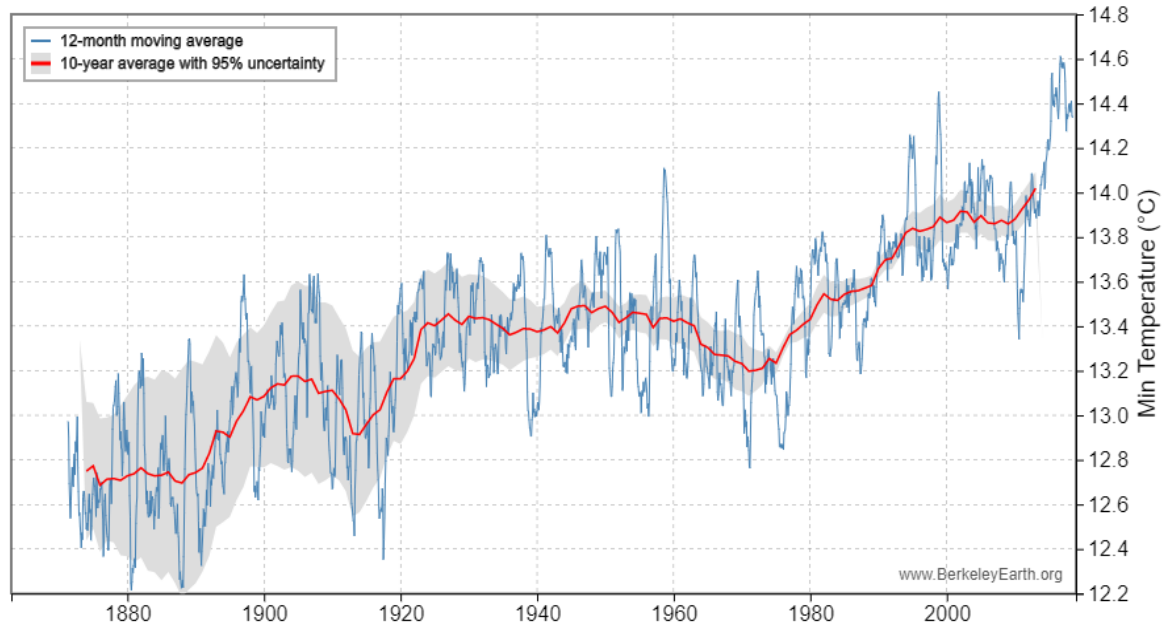
México se sitúa en un lugar intermedio dentro de los países que generan más GEI a nivel mundial, ocupa el lugar 14; por otro lado, en América Latina ocupa el primer lugar, situación que no es muy alentadora, con cerca del 25% del total regional (Salazar y Mansera, 2010). El incremento de CO₂ en la atmósfera contribuye al aumento de la temperatura, de acuerdo con los datos del sistema nacional de información estadística y geográfica en el año de 2010 la emisión per cápita de CO₂ en toneladas fue 0.65, lo cual, aún se considera de moderado a bajo.

Por su parte la base de datos de Berkeley Earth proporciona códigos abiertos sobre la contaminación del aire mundial y datos de temperatura máxima, mínima y media global, imparciales y verificados; elaborando mapas con datos medios a gran escala de cambios de temperatura a partir de datos de estaciones meteorológicas con fines de análisis climático.

El método de Berkeley Earth toma observaciones de temperatura de estaciones de monitoreo meteorológico y produce una estimación de temperatura global subyacente en la superficie terrestre. Una vez generado este campo de temperatura, es posible estimar la evolución de la temperatura de regiones individuales; es así como para México se elaboró un gráfico con registros desde 1849, observaciones medias mensuales: 15,717,007 mes más reciente: octubre de 2013, incertidumbres representan el 95% de confianza, rango de latitud: 14.

55° a 32. 71°, rango de longitud: -118,37° a -86,70°, área: 1955384,74 km², número aproximado de estaciones de temperatura: 5221. En la Figura 2 y 3 se muestran los resultados de las temperaturas medias mínimas y máximas.

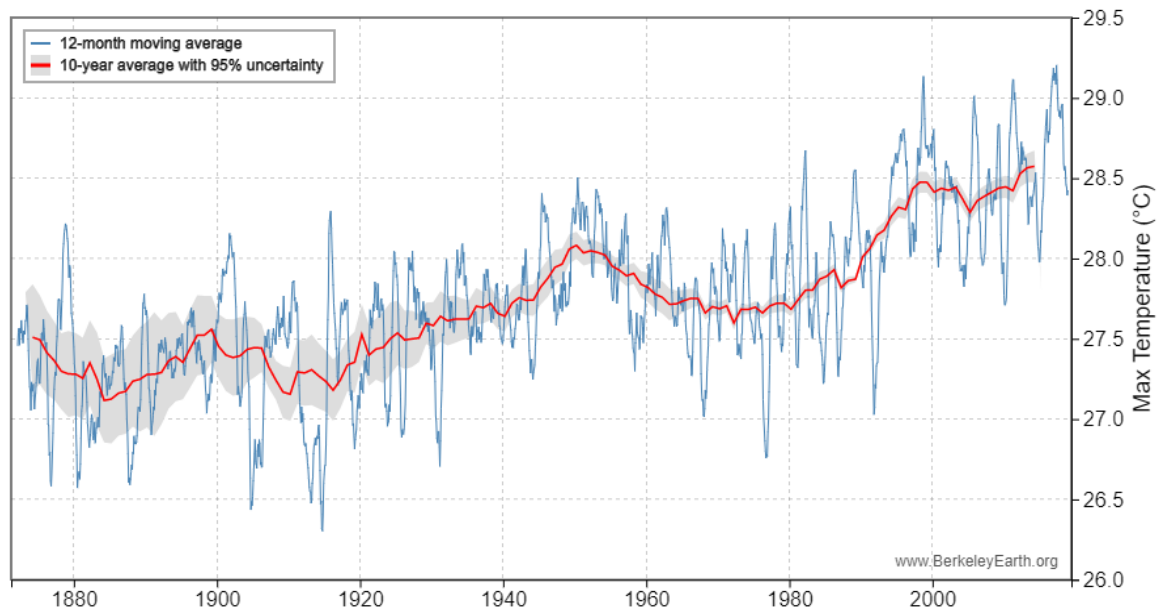
Figura 2. Comportamiento de la temperatura mínima a nivel mensual y anual en México.



Fuente: <http://berkeleyearth.org/>

Se observa que la temperatura mínima mensual y anual ha ido aumentando a partir de los registros que se tienen en el país, algunas décadas han aumentado más rápidamente, de acuerdo con esta metodología se tiene que la temperatura mínima ha aumentado en 1.4°C.

Figura 3. Comportamiento de la temperatura máxima a nivel mensual y anual en México.



Fuente: <http://berkeleyearth.org/>

Al igual que la temperatura mínima, el comportamiento de la máxima ha sido que ha aumentado de forma irregular, a partir de 1970 no ha decrecido y en promedio ha aumentado 1.5°C de acuerdo a los registros, señalando que existen décadas más calurosas que otras y, años más calurosos que otros, por ejemplo, se estima que mayo de 2020 ha sido el mayo más cálido desde que comenzaron los registros en 1850, superando el año más cálido en 2016, el período más cálido de enero a mayo ocurrió en 2016 y coincidió con un evento masivo de El Niño. Es notable que 2020 se esté acercando al mismo nivel de calor a pesar de la falta de condiciones de El Niño este año (Martín, 2020).

Literatura citada

- Allan, R., J. Lindesay & Parker, D. (1996). *El Niño southern oscillation and climatic variability*. In: *Collingwood: CSIRO Publishing*. Consultado en <http://hdl.handle.net/102.100.100/229899?index=1>
- Álvarez, J. R. (1990). Los estados ribereños del Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de política exterior* N° 27. pp 44-55. Recuperado en <https://revistadigital.sre.gob.mx/images/stories/numeros/n27/alvarez.pdf>
- Anónimo, (2016). *Conferencia sobre cambio climático en el marco de la sesión Jalisco LEAD-México 2016*. Consultado en <http://www.udg.mx/es/noticia/solo-62-de-estados-tienen-ley-estatal-de-cambio-climatico>

- Ávila, A. A. (2012). *Éxitos y fracasos de la legislación de cambio climático en América del Norte*. Norteamérica, 7 (spe), 183-192. Recuperado el 26 de abril de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35502012000300007&lng=es&tlng=es.
- Bartra, A. (2008). *Fin de fiesta. El fantasma del hambre recorre el mundo, Argumentos*. Mayo-Agosto: Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=59511124002>.
- Bautista, M. E. (1999). *Maíz en Oaxaca, la Cosecha de Contradicciones*. Estudios Agrarios, Instituto de Investigaciones Sociológicas de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Consultado en http://www.pa.gob.mx/publica/rev_11/Ma%C3%ADz.pdf
- Black, R. (2013). *Las cicatrices del calentamiento global desde la revolución industrial*. Consultado en https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/09/130926_ciencia_historia_cambio_climatico_np
- Bourassa, M., Zamudio, L. & O'Brien, J. (1999). Noninertial flow in NSCAT observations of Tehuantepec winds. *Journal of Geophysical Research*. 104. 11311-11319. 10.1029/1998JC900110.
- Briones, G. B. (2008). Clima y vulnerabilidad social: conflictos políticos y repartición de riesgos en el Istmo de Tehuantepec (Oaxaca). En *Aires y llluvias: Antropología del clima en México*, editado por Anna María Lammel, Goloubinoff Marina, y Kratz Esther, 615–38. México, Casa Chata/CIESAS. DOI: 10.4000/books.cemca.1239.
- CENAPRED. (2001) Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. CENAPRED, SEGOB, México.
- CENAPRED. (2014). Atlas climatológico de ciclones tropicales de México. Secretaría de Gobernación. CENAPRED, SEGOB, México.
- CEPAL. (1982). *Economía campesina y agricultura empresarial: tipología de productores del agro mexicano*. México. Siglo XXI Editores. pp 333.
- CEPAL. (2016). Evolución del empleo y de la productividad en el sector agropecuario en México. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Naciones Unidas, Santiago.
- CICC. (2007). *Estrategia nacional de cambio climático*. Comisión intersecretarial de cambio climático. SMARNAT. México
- CINU. (2013). *Contemporizar con el cambio climático*. disponible en: http://www.cinu.mx/minisitio/cambio_climatico/docs/Contemporizar%20con%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf

- CMNUCC. (1998). Kyoto Protocol. United Nations Framework Convention on Climate Change. Germany. 25 pp. CONABIO 2008.
- COESPO (Consejo Estatal de Población). (2008). Metodología, pirámides poblacionales por municipio. Anexo D. México: Disponible en: <http://qacontent.edomex.gob.mx/coespo/numeralia/index.htm?ssSourceNodeld=2743&ssSourceSiteld=coespo>
- Cruz, L. M. (2011). *Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México: evidencia de adaptación al cambio climático*, en *Ra Ximhai*, 7(1), 95-106.
- DOF. (2014). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. *Programa Especial de Cambio Climático. Gobierno de la República*. Consultado en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014.
- Espinoza, H. (2004). EL Pacífico mexicano. *Ciencias* 76: 14–21.
- Estévez, R. (2010). La agricultura como sumidero de CO₂. Consultado en <https://www.ecointeligencia.com/2010/10/la-agricultura-como-sumidero-de-co2/>.
- FAO. (1999). *Creación y Fortalecimiento de Sumideros de Carbono*. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.
- FAO. (2011). *Cambio climático, agua y seguridad alimentaria*. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación.
- FAO-SAGARPA. (2012b). *México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático*. Consultado en: <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-cambio-climatico.pdf>
- Fleming, J. R. (1998). *Historical Perspectives on Climate Change*. New York: Oxford Univ. Press, 194 pp
- Flores, M. (2013). Producción agrícola, seguridad alimentaria y desarrollo rural en México: documento de trabajo (1ra ed). *Cuadernos de Investigación en Desarrollo*. Programa Universitario de Estudios del Desarrollo. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Foot, E. (1856). Circumstances Affecting the Heat of the Sun's Rays. *The American Journal of Science and Arts*, 22(66). Consultado en <https://www.davidmorrow.net/eunice-foot>.
- Franco, P. G. (2014). El minifundio, vigente en México. Consultado en <https://www.animalpolitico.com/blog-invitado/el-minifundio-vigente-en-mexico/>.

- García, O. F., Ezcurra, E. & Galicia, L. (1991). *Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific coast of Mexico. Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 73(3-4), 179-186. doi:10.2307/521023.
- Gómez, E. (2005) Diagnóstico regional del Istmo de Tehuantepec. Proyecto Perfiles Indígenas, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Unidad Istmo, Oaxaca. Disponible en: <https://salomonnahmad.files.wordpress.com/2012/02/11-istmo-de-tehuantepec.pdf>
- Hernández, X. E. (1980). Agricultura tradicional y desarrollo. En: Xolocotzia. Tomo I. Obras de Efraím Hernández Xolocotzi. *Revista de Geografía Agrícola*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Hernández, X. E. (1985). Agricultura tradicional y desarrollo. En Xolocotzia. Obras de Efraím Hernández Xolocotzi. *Revista de Geografía Agrícola*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Hernández, X. E. (1988). La agricultura tradicional en México. *Comercio Exterior*, 38(8). México. pp. 673-678.
- INEGI. (2006). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2006. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- INEGI. (2016). Tabulados de la encuesta Intercensal 2015. México.
- INEGI. (2017). *Censo Agropecuario 2017 Panorama General*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México
- INE-SEMARNAT (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). *Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. INE/SEMARNAT, México, D. F
- INPI. (2017). *Etnografía del pueblo zapoteco del Istmo de Tehuantepec* (Binnizá). Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas.
- Jarvis, A., Upadhyaya, H. D., Gowda, C. L. L, Agrawal, P. K., Fujisaka, S. and Anderson, B. (2008). *Climate change and its effect on conservation and use of plant genetic resources for food and agriculture and associated biodiversity for food security*. Monograph. Food and Agriculture Organization of the United Nations, UK.
- Jáuregui, E. (1987). Vulnerabilidad de la costa NW de México a los ciclones tropicales del Pacífico Nororiental. Memorias de la meteorología un modelo de cooperación internacional. SARH, México, 9-18
- Leggett, J. (1996). *El calentamiento del planeta: Informe de Greenpeace*. México, D. F. Fondo de cultura económica.
- López, G. A. L. (2015). Cambio climático y conflictos ecológico - distributivos en regiones indígenas de México. El caso de la industria eólica en el

- Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. España.
- López, L. V. M. (2009). *Cambio climático y calentamiento global*. Ciencia, evidencias, consecuencias y propuestas para enfrentarlos. México, D. F. Editorial Trillas.
- Lucio, C. F. (2012) La Lucha indígena por la Dignidad Humana. Conflictos socioambientales y Derechos Humanos en el movimiento indígena del Istmo de Tehuantepec. Tesis de Doctorado en Ciencias Sociales. CIESAS. Guadalajara, México.
- Magaña, V. O. (1999). Los impactos de El Niño en México. Dirección General de Protección Civil, Secretaria de Gobernación, México, D.F., 229 pp.
- Magaña, V., Amador, J. y Medina, S. (1999). *The mid-summer drought over Mexico and Central America*. J. Climate, 12, 1557-1588.
- Magaña, V., Méndez, J. M., Morales, R. y Millán, C. (2004). Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. J. Martínez, A. Fernández (Eds.), *Cambio climático: una visión desde México*, INE-SEMARNAT, México, pp. 203–213.
- Martín, L. F. (2020). 2020 podría ser uno de los años más cálidos en los registros modernos. Consultado en <https://www.tiempo.com/ram/2020-podria-ser-uno-de-los-anos-mas-calidos-en-los-registros-modernos.html>.
- Mijangos, R. O. y López L. J. (2013). Oaxaca ante el Cambio Climático: retos y oportunidades. Ciencia y Mar, Universidad del Mar. 17 (49): 33-40.
- Morales, H. R. (2015). Análisis regional de la marginación en el estado de Guerrero, México. Papeles de Población, 21(84), pp 251-274.
- Naciones Unidas. (2015). Acuerdo de París. Tomado de https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf
- PECC OAXACA. (2018). *Programa Estatal de Cambio Climático de Oaxaca 2016-2022*. Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable de Oaxaca. Gobierno Constitucional del Estado.
- Periódico Oficial. (2013). *Ley de Cambio Climático para el Estado de Oaxaca*. Oaxaca de Juárez: Periódico Oficial.
- Reyna, T. T., Granados, R. R., y Gómez R. G. (2012). Dinámica atmosférica y climatológica: variación climática e impactos en la producción agrícola. Coord. Rebeca Granados Ramírez y Teresa Reyna Trujillo. México: UNAM, Instituto de Geografía. 223 p.
- SAGARPA. (2012). *México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático*. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación.

- SAGARPA. (2014). *Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012*. México D.F. Impreso en Danda Impresores.
- Salazar, A. y Masera, O. (2010). México ante el Cambio Climático. Resolviendo Necesidades Locales con Impactos Globales. Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C. consultado en <http://www.cafeybiodiversidad.mx/archivos/DossierUCCS-CC10A.pdf>.
- Sarukhán, J. (2012). Ley sobre cambio climático, *Vanguardia*. consultado, en <http://www.vanguardia.com.mx/leysobrecambioclimatico-1209151-columna.html>
- SEMARNAT. (2009). *Programa especial de cambio climático 2009-2012*. Consultado en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/cambioclimatico/Paginas/pecc.aspx>
- Sheinbaum, J. (2003). *Current theories on El Niño-Southern Oscillation: A review. Geofísica Internacional*. 42: 291-305. Consultado en: http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=266&Itemid=161
- SMDS. (2009). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Conferencia de las Partes. Consultado en <http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/Unfccc/cccop.htm>
- Solís, M. R. y Salvatierra I. B. (2012). Percepción social del cambio climático en áreas destinadas voluntariamente a la conservación en comunidades de Oaxaca y Chiapas. En *temas Antropológicos, Revista Científica de Investigaciones Regionales*, 35(1) 29-53. Consultado en <http://132.248.9.34/hevila/Temasantropologicos/2012-2013/vol35/no1/2.pdf>
- Trenberth, K.E. (1997) *The Definition of El Nino*. Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 2771-2777. Consultado en [http://dx.doi.org/10.1175/1520-4777\(1997\)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-4777(1997)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2)
- Turrent F. A. (2011). *¿Cambio climático y última opción para el campo?*, consultado en www.jornada.unam.mx, 25 febrero de 2011
- Velasco, V. I. (2007). *Zonificación agroclimática del estado de Sinaloa*. Informe final de proyecto FOMIX. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Mor.
- Velasco, V. I. (2012). *Sequía y cambio climático en México*. Instituto mexicano de la tecnología del Agua (IMTA). Colección avances del conocimiento. 160 pp.
- Vidal, Z. R. (2005), *Las regiones climáticas de México*. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía, UNAM, México
- Volke H. V., Sepúlveda G.I. 1987. *Agricultura de subsistencia y desarrollo rural*. Primera edición. México, D.F. Editorial Trillas.

CAPITULO III

SABERES TRADICIONALES LOCALES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

(Artículo Científico³)

Resumen

Los conocimientos o saberes tradicionales locales están estrechamente relacionados con la cultura de las comunidades, las relaciones sociales y con sus ecosistemas, representan la cosmovisión de los pueblos mesoamericanos. Es así como el conocimiento del clima a través de la historia siempre ha estado presente de diferentes formas: calendario agrícola, cabañuelas, el tipo y forma de nubes, se puede constatar que el cambio climático ha estado afectando, a los ciclos biológicos de las plantas y animales y al ser humano y modificando estos saberes. El objetivo central, se presenta un análisis del modo de vida inherente a los saberes tradiciones en la agricultura de granos básicos en la región Sierra Alta de Hidalgo. La metodología que se implementó es con un enfoque cualitativo, el método es deductivo, con estudio descriptivo, para la técnica de recolección y análisis se aplicó una encuesta estructurada. Se concluye, que estos saberes están amenazados gravemente, debido a los procesos de aculturación, dado que la población adopta nuevos patrones culturales, ajenos a ellas, abandonando u olvidando saberes ancestrales, ello limita la adaptación, mitigación y combate al Cambio Climático a nivel local y global.

Palabras clave: agricultura de temporal, conocimiento empírico, modos de vida, saberes locales, variabilidad climática.

³ Tesis de Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Sergio Cruz Hernández.

Director de Tesis: Dr. Guillermo A. Torres Carral.

Artículo Científico publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 11(8), diciembre de 2020.

ABSTRACT

LOCAL TRADITIONAL KNOWLEDGE AND GLOBAL CLIMATE CHANGE

(scientific article)⁴

Local traditional knowledge or knowledge is closely related to the culture of the communities, social relationships and their ecosystems, they represent the worldview of the Mesoamerican peoples. Knowledge of the climate throughout history has always been present in different ways: agricultural calendar, cabañuelas, the type and shape of clouds, it can be seen that climate change has been affecting the biological cycles of plants and animals and the human being and modifying this knowledge. The main objective is an analysis of the way of life inherent to the traditional knowledge in the agriculture of basic grains in the Sierra Alta de Hidalgo region. The methodology implemented is a qualitative approach, the method is deductive is a descriptive study, by the collection and analysis technique a structured survey was applied. In conclusion this knowledge is seriously threatened, due to acculturation processes, since the population adopts new cultural patterns, alien to them, abandoning or forgetting ancestral knowledge, this limits adaptation, mitigation and combat to Climate Change at the local level and global.

Keywords: temporary agriculture, empirical knowledge, ways of life, local knowledge, climate variability

⁴ Thesis, Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Sergio Cruz Hernández.

Advisor: Guillermo Arturo Torres Carral.

Scientific Article published in the Mexican Journal of Agricultural Sciences 11 (8), December 2020

Introducción

En este trabajo se realiza el análisis del concepto del Cambio Climático, cómo ésta modificación ambiental está contribuyendo de manera significativa en el conocimiento del clima, alterando constantemente el entorno a nivel local, en este caso la producción agrícola bajo condiciones de temporal en la región Sierra Alta de Hidalgo, en donde el hombre se ha situado en el centro, creyendo que él puede controlar y manipular a la naturaleza (paradigma antropocéntrico) y es así como se ha llegado a esta era de la revolución industrial, en donde se ha generado una enorme gama de impactos negativos al ambiente y con ello impactando de forma negativa la conservación, el aprendizaje de los saberes locales tradicionales.

Los saberes o conocimientos tradicionales han sido transmitidos de generación en generación, formando parte de las comunidades rurales y de su patrimonio cultural y ambiental, vinculados con su propia mentalidad y territorio. Responden a su entorno ecosistémico, se han construido de manera comunitaria, siendo pocas las personas que actualmente los dominan por tanto se convierte en el problema principal.

Actualmente, la ciencia denominada 'formal' (Leff, 2000) no ha reconocido el proceso de construcción de los saberes tradicionales, los cuales se han generado a lo largo de cientos de años, donde la comprensión del manejo de los ecosistemas permanece vigente y donde la base de la subsistencia es la agricultura tradicional. Hay que agregar que, el conocimiento sobre los recursos naturales (agua, suelo, vegetación, cultivos) y las diferentes prácticas agrícolas aplicadas, es un elemento que se ha fortalecido en algunas comunidades a través del tiempo, mediante un proceso de adaptación sociocultural a condiciones ambientales y socioeconómicas muy particulares (Steward, 1955).

El conocimiento del clima a través de la historia de la humanidad siempre ha estado presente de diferentes formas, como son: calendario agrícola, cabañuelas, observación e interpretación de las pléyades, tipo y forma de nubes para saber si va a llover/helar, entre otros. Sin embargo, el cambio climático ha estado afectando a estos ciclos naturales, a los ciclos biológicos de las plantas y animales, ya sea domesticados o silvestres, debido a que están cambiando los patrones climáticos.

Los paradigmas dominantes en el sector agrícola son la rentabilidad y eficiencia, fundamentados en el método científico y bajo un enfoque positivista; lo que buscamos en este trabajo es reconocer la necesidad de revalorar, esos conocimientos tradicionales, dado que como conocedores del clima, realizan la mayoría de sus previsiones del tiempo con base en la observación y el conocimiento de la naturaleza y su comportamiento (cuerpos celestes, plantas, animales, fenómenos meteorológicos), la previsión por tanto, no es solamente una observación sino una interpretación de los signos de la naturaleza y, se integra a su cosmovisión.

Metodología

Esta investigación describe algunos de los conocimientos tradicionales o saberes climáticos, con el fin de observar cómo está repercutiendo el cambio climático en la modificación o conservación en sus modos de vida de los campesinos productores de granos básicos bajo condiciones del temporal en la región Sierra Alta de Hidalgo, este estudio principalmente es

etnográfico, como instrumento de recolección de los datos se utilizó la entrevista semiestructurada, en este caso de una familia en específica que aún conserva las tradiciones de estos saberes locales.

Tomando como punto de partida que, en la investigación cualitativa, no se tiene una serie de técnicas formales, como sucede por ejemplo con el análisis estadístico, para este trabajo la técnica que se aplicó para la recopilación y análisis de datos se basó en la entrevista profunda semiestructurada, para rescatar el conocimiento de los saberes climáticos, registrando la descripción detallada sobre los modos de vida, analizando las concepciones de su cosmovisión climática. Apoyados de Hernández *et al.* (1985) donde señalan que es particularmente útil cuando el fenómeno de interés es muy difícil de medir, además señala que no existen instrumentos estandarizados.

Para complementar el trabajo de campo se aplicó la investigación etnográfica, dado que es un proceso sistemático de aproximación a una situación social, considerada de manera global en su propio contexto natural, mediante este método, se busca información detallada de los diferentes aspectos de la vida de los productores conocedores de los saberes climáticos, a través del trabajo de campo. El enfoque etnográfico se apoya en la convicción de que las tradiciones, roles, valores y normas del ambiente en que se vive (el clima de su localidad).

El objetivo de un estudio etnográfico es crear una imagen realista del grupo, su intención es contribuir en la comprensión de sectores o grupos poblacionales más amplios que tienen características similares, en este caso con los Náhuas, los cuales son el grupo étnico que domina en la Sierra Alta de Hidalgo. Este enfoque trata de presentar episodios que son porciones de vida, documentados con un lenguaje natural y que representan lo más fielmente posible cómo siente la gente, qué sabe, cómo lo conoce y cuáles son sus creencias, percepciones y modos de ver y entender (Toledo y Bassols, 2008).

Marco teórico conceptual

Cambio climático

Actualmente a nivel de toda la sociedad, se enfrenta a la situación del deterioro ambiental que amenaza seriamente el desarrollo, concebido como crecimiento en todos los aspectos, aunado a los problemas más conocidos como: pérdida de ecosistemas frágiles, desertificación de suelos, contaminación del aire y la cada vez más acentuada disminución en la disponibilidad de agua para consumo humano y producción agropecuaria. Sin embargo, se cita que la información actualizada y confiable es poca, además de que es compleja, confusa, imprecisa, contradictoria, en todos los medios de comunicación.

Se ha planteado que son dos causas principales del cambio climático global: condiciones naturales y actividades del hombre y la mujer, esta investigación no pretende tomar partido por algún lado, se considera, que es necesario que a nivel de los diferentes sectores de la sociedad, se reconozca que existe el problema ambiental denominado cambio climático, acelerado y propiciado en gran medida por las actividades antropogénicas y de esta forma, tratar de cambiar los patrones de consumo, reconocer que existe una modificación ambiental,

entonces también se debe de entender que existe una alteración en los conocimientos tradicionales relacionados al clima.

Es así como podemos definir que el cambio climático es la modificación del clima con respecto al historial climático, a escala global, regional o local; tales cambios se producen a diversas escalas de tiempo en los elementos del clima y son debido a causas naturales y antropológicas (entre ellas el sector agropecuario) (Cruz *et al.*, 2018): se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

En la actualidad se está operando el concepto de cambio climático; a partir, de diferentes estudios científicos, de los distintos mecanismos físicos a través de los cuales se está produciendo el calentamiento en la tropósfera, uno de esos mecanismos es el denominado efecto invernadero, causado por los gases de efecto invernadero (GEI), sin dejar de mencionar que, existe el debate en relación a la cuantificación precisa de la responsabilidad de contribución a la acumulación de GEI, por cada sector de la sociedad.

La mayoría de los estudios e investigaciones ligadas al cambio climático, se enfocan a lo relacionado del Efecto Invernadero, una reducida parte se centra en el sector agrícola del país y una proporción aún más escasa a la porción de la agricultura bajo condiciones de temporal (en atención a los productores de granos básicos). Las investigaciones de tipo socioambiental, deben de ser un factor determinante en la toma de decisiones de la aplicación y elaboración de la política pública; para generar escenarios climáticos agrícolas y trasladar las conclusiones que conlleven a desarrollar diferentes estrategias para mitigar los impactos en los agroecosistemas manejados por los pequeños campesinos.

El contexto del presente trabajo es relacionar el concepto de cambio climático y los conocimientos tradicionales, al presentarse cambios en el ambiente, los saberes tradicionales también se ven afectados directamente, debido a la relación o dependencia de los elementos del clima con la producción agrícola bajo condiciones de temporal principalmente.

El concepto de conocimientos tradicionales

Por conocimientos tradicionales, la UNESCO (2006) enuncia lo siguiente: ‘los conocimientos locales e indígenas hacen referencia al saber, a las habilidades y filosofías que han sido desarrolladas por sociedades de larga historia de interacción con su medio ambiente; establecen la base para la toma de decisiones en aspectos fundamentales de la vida cotidiana, forman parte integral de un sistema cultural que combina la lengua, los sistemas de clasificación de los recursos naturales, las prácticas de utilización de recursos, las interacciones sociales, los rituales y la espiritualidad’.

El término de ‘conocimientos’ o ‘saberes’ en este documento es indistinto, se utilizarán como sinónimos, por lo que no pretendemos generar un debate con ello. Lo rescatable es, como lo menciona Haverkort *et al.* (2013). ‘los conocimientos y las ciencias endógenas hacen referencia a los conocimientos y las ciencias de los pueblos indígenas o comunidades, tienen su origen en sociedades particulares, pero que han modificado y mejorado su calidad de vida por los

diálogos interculturales e intercientíficos (Haverkort *et al.*, 2013)'. El concepto de endógeno, lo define como 'lo que ha surgido desde dentro' y que a menudo se refiere a algo que surgió en un determinado sistema o sociedad o comunidades.

Por otro lado, Argueta (2016), hace un recuento de los saberes o sistemas de conocimiento identificando denominaciones como: sabiduría popular, ciencia indígena, conocimiento campesino, saberes locales, saberes ancestrales, entre otras; buscando su reconocimiento, idiomas, culturas y sus identidades diferenciadas. Señala que, es una propuesta que busca en su proceso, reafirmar el pluralismo y los sistemas del diálogo intercultural; pero también se elabora como una vía para intentar resolver, mediante nuevas contribuciones y propuestas, los enormes problemas locales y globales de salud, alimentación y ambientales, entre otros.

En este sentido, Elías (2015) menciona que los conocimientos tradicionales están estrechamente relacionados con la cultura, los idiomas nativos, las relaciones sociales y la cosmovisión de los pueblos; éstos son de índole colectiva debido a que se van construyendo día a día y se replican, no son estáticos, sino que evolucionan en la medida de sus necesidades.

Saberes tradicionales climáticos

Se puede afirmar que todas las actividades y prácticas de los seres humanos, están estrechamente relacionados con el clima, con el tiempo atmosférico y con la naturaleza en general, por tanto, son los humanos quienes pueden apreciar si sus actividades se han modificado producto de un cambio climático. Entonces, la percepción que pueda tener cada comunidad, productor o campesino, es diferente de acuerdo con su entorno natural y social, así como del grado de conocimiento y de saberes tradicionales climatológicos, debido a que son ellos los que conviven y observan diariamente el clima.

En el campo y en las comunidades rurales (y en algunas ciudades), existen diferentes señales que auxilian a predecir el clima: presencia y comportamiento de los animales, color del cielo, de la luna, adelanto de la floración de las plantas, en este apartado no pretendemos evaluar la eficacia de estos conocimientos, de lo contrario estaríamos cayendo nuevamente en los postulados de la ciencia normal.

Los saberes agrícolas tradicionales responden a las condiciones de cada agrohabitat, considerando elementos fisiográficos, edafológicos y climáticos; se constituyen como estrategias de supervivencia, expresándose en el corpus de conocimientos sobre clima, biodiversidad y conservación de suelo.

Como ejemplo, en este sentido Broda (1997), menciona que el culto de Tláloc es una expresión de tradiciones milenarias, no representa sólo el hecho de ser el dios de la lluvia, sino que está íntimamente relacionado con el rayo, la tormenta y otros fenómenos atmosféricos; enuncia además que, en las antiguas culturas agrarias resultaba extremadamente importante poder controlar los fenómenos meteorológicos. Así que, el dominio de las condiciones meteorológicas resultaba apremiante, a la par de la observación de los astros; ambos permitían dar la apariencia de controlar las condiciones del medio ambiente tan necesarias para un buen ciclo agrícola.

Saberes tradicionales, meteorología agrícola y cambio climático

En la actualidad, se tienen diferentes impactos socioambientales negativos del cambio climático, resulta importante estudiar sistemas de pensar y actuar en donde la consciencia de la interdependencia hombre-clima forme parte de una ética cotidiana (Katz *et al.*, 2008). Además, señalan que en la actualidad disponemos de pocos datos sobre la meteorología popular en México, que merecería más atención.

Los impactos del cambio climático, derivados del calentamiento global, amenazan con afectar las condiciones socioeconómicas de la población, especialmente de aquella cuyos medios de vida dependen del aprovechamiento y manejo de los recursos naturales, debido a que forman parte del sector más pobre y excluido; es decir, la población indígena y campesina. Así tenemos que Elías (2015) señala que, es innegable que en el mundo existan manifestaciones sobre la situación variable, inestable e impredecible del clima.

Señala además que, los modelos climáticos especializados, evidencian que la temperatura ha aumentado, debido a la emisión de los GEI provenientes de las actividades antropogénicas como, deforestación, acidificación de mares, ruptura de la capa de ozono, entre otros, con implicaciones impredecibles sobre la alteración del ciclo hidrológico, (por ejemplo, más sequías o lluvias extremas), con los conocidos impactos en materia de desastres sobre la población.

Por su parte, Leff y Carabias (1993) mencionan que, en varios pueblos se cuentan con sistemas funcionales de conocimientos sobre su ambiente y sus recursos naturales; señalan que, los complejos sistemas del saber tradicional actúan como mecanismos internos de control ecológico. Así, las prácticas se realizan a través de la observación, arraigándose a veces en su cosmovisión, construida a través de siglos de experiencia e interacción con la naturaleza, por ello las prácticas productivas se desarrollan no sólo en función de las demandas del mercado.

Se debe de mencionar también que no todos los conocimientos tradicionales enmarcados en las prácticas productivas son benéficos para el medio ambiente, así tenemos, por ejemplo: el sistema agrícola roza-tumba-quema o el alto consumo de leña en las comunidades rurales, propiciando la deforestación, sin embargo, no se compara con las emisiones de GEI, que se genera en la industria y en el transporte de las grandes ciudades. De acuerdo con los datos de la SEMARNAT (2016), el sector energético contribuye con mayor volumen de GEI en el país: en 2010 poco más de 67% del total provino de este sector, dentro de este sector, el consumo de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones: entre 1990 y 2010 fue de 48.6 y 56.2%, del volumen total de GEI.

La identidad cultural, ha permitido la generación de conocimientos en el medio rural, respecto de plantas, animales, clima, suelo, estaciones del año, entre otros, permitiendo su existencia y desarrollo. Díaz *et al.* (2008) mencionan que, los conocimientos que los campesinos han acumulado por generaciones, les ha permitido sostenerse biológica y culturalmente. Al mismo tiempo que reconocen y aplican conocimientos para la consecución de alimentos y otros satisfactores, integran un cuerpo de saberes que transmiten.

Miranda *et al.* (2009) argumentan que, el conocimiento de los campesinos acumulado para el desarrollo de la actividad agrícola, no se restringe sólo a las propiedades y comportamiento de

los elementos físico-biológicos del agroecosistema (precipitación, temperatura, suelo, características de las especies que cultivan), sino que abarca a otro grupo de factores (fenómenos biológicos, astronómicos, meteorológicos, culturales, sociales, religiosos) en función de los cuales se explican muchas de las propiedades y comportamientos de dichos elementos (Miranda *et al.*, 2009).

Por otro lado, Alan (1997) señala que, las características de los elementos físicos y biológicos del sistema tradicional se conocen fundamentalmente como resultado de la experimentación y la observación del campesino; es decir, del conocimiento tradicional desarrollado durante siglos por campesinos, es el resultado de años de experimentación.

En las comunidades rurales del país, una de las actividades más importantes es la agricultura de temporal, según datos del INEGI (2010) alrededor de 10.5% de la superficie del país es de uso agrícola, 6.5 millones son de agricultura de riego y 14.5 millones de has son de agricultura que se practica bajo condiciones de temporal: es decir, cerca de 70% de la superficie agrícola del país es de temporal; está constituido por un gran número de productores que trabajan a un bajo nivel tecnológico y, en gran medida se encuentran excluidos de los beneficio del sistema económico; para su producción depende en gran medida del clima, principalmente en las variables de temperatura y precipitación, además de que diferentes situaciones impactan negativamente su desarrollo, así tenemos: políticas públicas más aplicadas, favoreciendo el impulso a cultivos comerciales como flores, frutas exóticas, hortalizas gourmet, entre otras, sin dejar de mencionar situaciones complejas como la automatización del campo (riego, sembradoras, cosechadoras).

La meteorología campesina y los ritos agrícolas constituyen la parte más conservadora de la cultura indígena, porque en la economía campesina tradicional basada en el cultivo de maíz de temporal, los ciclos agrícolas y las principales actividades económicas siguen dependiendo de los ciclos naturales y de una integración precaria con el medio ambiente (Broda, 1997). En el aspecto agrícola, el conocimiento tradicional se refiere a 'conocimiento que los campesinos han acumulado por generaciones sobre las plantas, animales, astros, clima, suelos, entre otros, que les ha permitido sostenerse biológica y culturalmente (Miranda *et al.*, 2009). El conocimiento tradicional está íntimamente ligado a los aspectos ecológicos, biológicos y socioculturales (Pérez *et al.*, 2014). Por tanto, la importancia de estudiar la agricultura tradicional radica aportar elementos socioculturales de las comunidades campesinas al tema de la agricultura sustentable (González, 2003).

Respeto de los procesos agrícolas, con el tiempo atmosférico o el clima, podemos citar lo que señalan Carrera *et al.* (2012) 'el conocimiento y uso del calendario agrícola sigue vigente, orientado básicamente para señalar los períodos de fechas de siembra, labores agrícolas y de cosecha de las especies que integran el sistema de milpa' (Carrera *et al.*, 2012).

También agregan que se necesita fortalecer la producción de alimentos de interés para los campesinos indígenas, que permita disminuir la emigración y evitar la pérdida de conocimientos, de saberes locales, recursos genéticos, patrimonio e identidad, específicos de su territorio y el desarrollo de los agroecosistemas.

Respecto del plano religioso Gómez (2011) menciona que, en el contexto religioso popular indígena, encontramos reiteradas y reformuladas los santos, los sacramentos, la ética cristiana, la concepción de la divinidad, la concepción de éste y otros mundos, todo ello reinterpretando las raíces culturales mesoamericanas y la religión católica en una síntesis operante. Este mismo autor menciona que el maíz, en el caso de México, es mucho más que un bien de consumo o un producto de beneficio meramente económico, por tanto, lejos de ser valorado como mercancía inerte, es un elemento central, estableciendo una relación de sustento, de divinidad, naturaleza, seres humanos y la tierra es considerada como la madre que sostiene y da pertenencia.

En diferentes comunidades rurales del país que dependen de la temporada de lluvias, el ciclo agrícola, en ocasiones coincide con las fiestas patronales (culto a los santos católicos) de mayo a noviembre. En este periodo de festividad católica se le rinde culto a una serie de santos católicos, así tenemos, por ejemplo: día de la Santa Cruz (03 de mayo), San Isidro Labrador (15 de mayo), San Juan Bautista (24 de junio) y día de todos los Santos (02 de noviembre), principalmente.

Conocimiento tradicional del clima y la agricultura en Tlanchinol, Hidalgo

La comunidad de Olotla pertenece al municipio de Tlanchinol de la región Sierra Alta de Hidalgo, predominando el clima cálido subhúmedo y permitiendo el desarrollo de diversas especies agrícolas, la comunidad cuenta con una riqueza cultural histórica, muestra de ello es la presencia de la etnia náhuatl. Es también, un lugar donde la agricultura, principalmente bajo condiciones de temporal, retoma gran importancia socioeconómica, debido a que es generadora de los principales ingresos de las familias (Figura 1).



Figura 1. Hilda Bautista Hernández, habitante de la comunidad de Olotla, Tlanchinol, Hidalgo.

La mayoría de los habitantes de Olotla, siembran maíz de temporal, utilizando semillas nativas, los que practican la religión católica recurren a la Virgen de Guadalupe, Santa Teresa, San Antonio y San Isidro Labrador: 'para pedir que su producción sea buena'. A los santos San Isidro y Santa Teresa se les coloca un collar y corona de flores el 24 de octubre, donde se lleva a cabo una misa, con la finalidad de obtener una mayor producción de elotes. Para la selección de semillas 'los niños no pueden estar presentes, porque se tiene la creencia de que disminuye la cantidad de granos en las mazorcas'.

Cuando se están desgranando las mazorcas 'en caso de tener visita, no se le atiende hasta que terminan de desgranar y después se les ofrece de comer'. Antes de realizar la siembra, colocan veladoras bendecidas en sus parcelas y en sus hogares, además de colocar vasos con refresco y aguardiente, y proceden a 'realizar oraciones a San Isidro Labrador'. En estas oraciones, que realizan por las mañanas, solicitan que sus semillas, a las cuáles les llaman 'hijos', sean bendecidas y se puedan producir en buena calidad y cantidad, además le piden que las cuide y que no llegue a ellas algún tipo de plaga.

Cuando se presenta la incidencia de plagas (gusano cogollero o elotero, principalmente), ellos realizan otro tipo de rituales, por ejemplo: cuando hay 'avispas' o 'maripositas', toman alguna de ellas y 'la llevan a la iglesia, las colocan en agua bendita y piden que estas se alejen de la milpa y de sus parcelas'.

Previo a la siembra del maíz, suben a uno de los cerros cercanos a la comunidad en donde hay una cueva, entran uno o varios productores para 'rogar que tengan una buena producción', se debe de ir en ayunas, debido a que 'pueden quedar encerrados adentro', entonces deben de comer hasta las 12 del día y los que se quedan en casa 'deben alimentar u ofrecer comida a las visitas' ya que si no lo hacen, 'su maíz puede no crecer o tener poca producción debido a las malas vibras que les dejen estas personas'.

Por otro lado, a sus 'hijos' (la semilla que sembraron), les dicen que: 'sólo estarán en la parcela temporalmente y que regresarán a sus hogares pronto y ellos volverán a atenderlos', cuando van a deshierbar, 'también hablan con ellos y les dicen que llegará un señor que va a limpiarlos y que otra vez estarán bien', esto se realiza por lo menos dos veces durante el ciclo del cultivo. Tanto a las mazorcas como a los elotes se les trata con mucho cuidado, debido a que algún daño que estos sufran se verá reflejado en la producción del próximo año; por ejemplo, ellos 'no utilizan cuchillos para cortarlos, además son quemados hasta después que ya ha pasado un buen tiempo o después de ver su cosecha' (Figura 2).



Figura 2. Instrumentos manuales representativos de la milpa, don Mario Domínguez Solano.

Cuando no llueve, acostumbran a llevar a bañar a San Antonio a 'Chicolapa', una cascada cerca de la comunidad, acompañado de los abuelos, rezanderos y niños, 'se realizan oraciones dirigidas a él durante una semana entera'. Los días en que se presentan truenos y relámpagos, son muy significativos para los productores ya que, creen que es en esos días, 'los señores comienzan a trabajar para mejorar su cosecha' y todos dejan de hacer sus actividades y en la cocina 'con la copalera caminan y hablan con los señores', diciendo: 'tú que nos das maíz, frijol, calabaza, chile y quelites, te damos gracias y pedimos por favor, nos lo sigas dando' (Figura 3).



Figura 3. La cultura del cuidado del maíz en la localidad de Olotla, Tlanchinol, Hidalgo.

Al momento de realizar la cosecha, 'les hablamos a las mazorcas y les decimos que hemos regresado por ellas' y que 'otra vez las vamos a cuidar, que van a estar bien, y que los van a proteger', toman cuatro mazorcas del primer costal que llega y 'las ponen en el altar de la virgen' y le piden que 'estas sean bendecidas para volver a sembrar y que su maíz germine rápido', lo hacen junto con el agradecimiento común, con refresco y aguardiente.

Conclusiones

Con el análisis conceptual realizado, no se pretende apoyar las distinciones entre los conocimientos tradicionales, científicos y tecnológicos para reafirmar las divisiones características del pensamiento abismal de la modernidad, se pretende contribuir a disolver las fronteras insostenibles que permita establecer un diálogo entre la modernidad occidental y otras modernidades, como es el caso de las comunidades que aún practican sus saberes climáticos en relación con la agricultura.

Los conocimientos o saberes tradicionales locales están amenazados continuamente, debido (entre otras razones) a los procesos de aculturación y desarrollo del capitalismo, impactando negativamente, en la falta de transmisión de tales saberes, dado que la población adopta nuevos patrones culturales, ajenos a aquellos, abandonando u olvidando los saberes ancestrales, que son una herramienta para combatir el cambio climático global.

En la actualidad, es común percibir que los procesos agrícolas, pecuarios y forestales no son más que el trabajo que se realiza para obtener mayores ganancias mediante la producción de bienes comestibles o no. Debido a ello, a la tierra se le deja de ver como un elemento vital, pasando a ser solamente una mercancía que generará capital. En algunas comunidades, las prácticas tradicionales siguen vigentes, implicando un desarrollo cultural fundamentado en las creencias (Wilson, 1980), las cuales han podido mantenerse en la memoria de sus habitantes.

Finalmente, la agricultura campesina tradicional, cuenta con saberes o conocimientos ancestrales: manejo del suelo, biodiversidad, conservación de agua, teniendo un origen ancestral, cuyas características estructurales, funcionales y de manejo son diferentes a la agricultura convencional, e incluye otros elementos como la historia local de las comunidades, tenencia de la tierra, productividad agrícola, condiciones de vida de los campesinos y el empleo no agrícola (González, 2003) y surge toda una cosmovisión propia.

Literatura citada

- Alan, C. P. 1997. Indigenous peoples and conservation. *In*: Grifo, F. and Rosenthal, J. (Eds.). Biodiversity and human health. Ed. Island Pres. Washington DC. EE. UU. 207-220 pp. [https://siteresources.worldbank.org/intbiodiversity/resources/roleofindigenouspeople sinbi odiversityconservation.pdf](https://siteresources.worldbank.org/intbiodiversity/resources/roleofindigenouspeople%20sinbi%20odiversityconservation.pdf).
- Argueta, V. A. 2016. Los saberes y las prácticas tradicionales: Conceptos y propuestas para la construcción de un enorme campo transdisciplinario. *In*: Delgado, F. y Rist, S. (Ed.). Ciencias, diálogo de saberes y transdisciplinariedad. Aportes teórico metodológicos para la sustentabilidad alimentaria y del desarrollo. La Paz, Bolivia. UMSS-AGRUCO. Universidad Berna, CRIM-UNAM, CLACSO. Plural Editores. 169-188 p.

- Broda, J. 1997. El culto mexica de los cerros de la cuenca de México: apuntes para la discusión sobre graniceros. *In: Albores, B. y Broda, J. (Coord.). Graniceros. Cosmovisión y meteorología indígenas de Mesoamérica.* México: El Colegio Mexiquense-Instituto de Investigaciones Históricas-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 563 p.
- Carrera, G. S.; Navarro, G. H.; Pérez, O. M. A. y Mata, G. B. 2012. Calendario agrícola mazateco, milpa y estrategia alimentaria campesina en territorio de Huautepec, Oaxaca. *Agric. Soc. Des.* 9(4):455-475.
- Cruz, H. S.; Torres, C. G. A. y Martínez, H. A. 2018. Percepción del cambio climático entre la población en el Pacífico Sur Mexicano. *In: Velázquez, C.; E.; Castro, M. O. R. (Coords.). Educación ambiental y sustentabilidad. Aportaciones multidisciplinares para el desarrollo.* Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 592 p.
- Díaz, B. M.; Herrera, C. J.; Ramírez, J. M.; Aliphath, F. A. y Delgado, A. 2008. Conocimiento campesino en la selección de variedades de haba (*Vicia faba* L.) en la sierra norte de Puebla México. *Interciencia.* 33:110-115.
- Elías, S. 2015. Conocimientos tradicionales para la adaptación al cambio climático en el Altiplano Occidental de Guatemala. Guatemala. The Nature Conservancy. <http://www.usaidcncg.org/wp-content/uploads/2015/03/Conocimientos-tradicionales-ccl-final.pdf>.
- Gómez, A. R. 2011. Las fiestas de los santos en contextos campesinos de origen indígena. *Elementos.* 83:9-14. www.elementos.buap.mx.
- González, J. A. 2003. Cultura y agricultura. Transformaciones en el agro mexicano. Universidad Iberoamericana. México, DF. 361 p.
- Haverkort, B.; Delgado, B. F.; Shankar, D. y Millar D. 2013. Hacia el diálogo intercultural: Construyendo desde la pluralidad de visiones de mundo, valores y métodos en diferentes comunidades de conocimiento. 1ª. (Ed.). Agruco/Plural Eds Bolivia. 237 p.
- Hernández, X. E. 1985. Agricultura tradicional y desarrollo. *In: Xolocotzia. Obras de Efraím Hernández Xolocotzi. Revista de Geografía Agrícola. Tomo I.* Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo (UACH). Texcoco, Estado de México. 799 p.
- INEGI. 2010. Censo General de Población y Vivienda 2010. México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 189 p.
- Katz, E.; Lammel, A. y Goloubinoff, M. 2008. Clima, meteorología y cultura en México. *In: Ciencias* N° 90. Abril-junio. 61-67 pp.
- Leff, E. 2000. Pensar la complejidad ambiental. En la complejidad ambiental (Coord.). Leff, E. Siglo XXI (Ed.). México, DF. 7-53 pp.
- Leff, E. y Carabias, J. 1993. Cultura y manejo sustentable de los recursos naturales. Volumen 1. CCIH-UNAMPNUMA. Miguel Ángel Porrúa (Ed.). México, DF. 278 p.

- Miranda, T. J.; Herrera, C. B. E.; Paredes, S. J. A. y Delgado, A. A. 2009. Conocimiento tradicional sobre predictores climáticos en la agricultura de los llanos de Serdán, Puebla, México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 151-160 pp.
- Pérez, S. J.; Velasco O. J. y Reyes M. L. 2014. Estudios sobre agricultura y conocimiento tradicional en México. *In: Perspectivas latinoamericanas* Núm. 11. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Estado de México. 144-156 p.
- SEMARNAT. 2016. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT, México.
- Steward, J. H. 1955. Teoría del cambio cultural. Clásicos contemporáneos en antropología. <http://www.ciesas.edu.mx/publicaciones/clasicos/00-CCA/Articulos-CCA/CCAPDF/040-STEWART-1955-El%20Concepto-y-el-metodo.pdf>.
- Toledo, V. M. y Bassols, B. N. 2008. La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. *Perspectivas agroecológicas*, Junta de Andalucía Icaria editorial, Barcelona, España. 230 p.
- UNESCO. 2006. Conocimientos tradicionales. <http://www.unesco.org/bpi/pdf/memobpi48tradknowledge-es.pdf>.
- Wilson, E. O. 1980. *Sociobiología: la nueva síntesis*. Barcelona, España. Editorial Omega. 712 p.

CAPITULO IV
PERCEPCIÓN SOCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PACÍFICO SUR
MEXICANO Y SU RELACIÓN CON LA SEGURIDAD ALIMENTARIA
(Artículo Científico⁵)

RESUMEN

El presente artículo analiza la percepción sobre los efectos del cambio climático y su relación con la seguridad alimentaria que poseen los productores campesinos en la región costera del Pacífico Sur Mexicano. La metodología utilizada tiene un enfoque mixto, el método es deductivo, con aplicación de investigación etnográfica; para la técnica de recolección y análisis se aplicó una encuesta estructurada en 225 Unidades de Producción Rural (UPR) distribuidos aleatoriamente en tres municipios de Oaxaca y tres de Guerrero. Los resultados señalan que el 97.78% han percibido que existe un cambio en el clima y que éste tiene un impacto directo en la seguridad alimentaria porque se determinó que el 52.59% de la población señalan que han experimentado una fuerte preocupación por la falta de alimentos. Respecto de la caracterización de las UPR 8% aún viven en paredes de madera, 12% no tienen agua potable en sus viviendas. El análisis de la información permite concluir que la seguridad alimentaria en la región de estudio es una problemática multidimensional: la carencia alimenticia en los municipios trabajados está muy marcada; el cambio climático contribuye a su agudización y es necesario diseñar estrategias de adaptación locales.

⁵ Tesis de Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Sergio Cruz Hernández.

Director de Tesis: Dr. Guillermo A. Torres Carral.

Artículo Científico enviado a la revista Desarrollo, Economía y Sociedad en diciembre de 2020 con ISSN impreso:1657-463X y ISSN en línea: 2389-9638

ABSTRACT

SOCIAL PERCEPTION OF CLIMATE CHANGE IN THE SOUTH MEXICAN PACIFIC AND ITS RELATION TO FOOD SECURITY

(Scientific article⁶)

SUMMARY

This researching analyzes the perception of the effects of climate change and its relationship with food security that peasant producers have in the coastal region of the Mexican South Pacific. The methodology used has a mixed approach, the method is deductive, with application of ethnographic research. For the collection and analysis technique, a structured survey was applied in 225 Rural Production Units (UPR) randomly distributed in three municipalities of Oaxaca and three of Guerrero. The results indicate that 97.78% have perceived that there is a change in the climate and it has a direct impact on food security because it was determined that 52.59% of the population indicate that they have experienced a strong concern about the lack of food. The results indicate that 97.78% have perceived that there is a change in the climate and it has a direct impact on food security because it has determined that 52.59% of the population indicate that they have experienced a strong concern about the lack of food. By the characterization of the UPR, 8% still live in wooden walls, 12% do not have drinking water in their homes. The information analysis allows us to conclude that food security in the study region is a multidimensional problem: food shortages in the municipalities studied are very marked; climate change contributes to its exacerbation and it is necessary to design local adaptation strategies.

⁶ Thesis, Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Sergio Cruz Hernández.

Advisor: Guillermo Arturo Torres Carral.

Scientific article sent to the magazine Desarrollo, Economía y Sociedad in December 2020 with printed ISSN: 1657-463X and online ISSN: 2389-9638

Introducción

Existe una serie de problemas sociales que son obstáculos en el tránsito hacia el desarrollo local de las comunidades. Algunos de ellos se vuelven urgentes si se considera la necesidad de actuar de forma concreta y precisa, en tanto que las repercusiones han trascendido de la esfera socioeconómica a la ambiental, y los impactos negativos afectan a los más vulnerables, como son los campesinos de bajos recursos.

Uno de esos problemas, de orden ambiental pero que tiene grandes repercusiones sociales, es el del cambio climático que es, según Doering, (et al, 2002), a bien decir, un fenómeno estocástico⁷. En el caso del fenómeno problemático ambiental que nos ocupa, el comportamiento estocástico supone identificar los impactos específicos complejos, su incertidumbre, y vincularlos con aspectos que pueden ser muy concretos y están determinados por su asociación con los ritmos de siembra, cosecha o por los rendimientos de los cultivos y la producción agrícola en general que dependen directamente del clima, así como también requieren de una buena nutrición vegetal, del tipo de suelo, del manejo de plagas y enfermedades, principalmente; por lo tanto, los impactos son heterogéneos.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la percepción sobre el cambio climático que tienen los campesinos de la región costera del Pacífico Sur mexicano y la relación que tiene dicha percepción con la seguridad alimentaria. Esta perspectiva contribuye a caracterizar las Unidades de Producción Rural (UPR) para destacar el nivel de vulnerabilidad de los campesinos; al considerar que, en México, a pesar de la implementación de una gran variedad de políticas públicas para atender el campo agrícola mexicano, la pobreza e inseguridad alimentaria han sido una dificultad recurrente a lo largo de la historia.

Para relacionar los efectos del cambio climático con la seguridad alimentaria, se planteó la identificación de municipios vulnerables en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca y los más necesitados de la región Costa Chica de Guerrero, ambas regiones situadas en zonas agroecológicas similares. La Costa del Pacífico, es una llanura alargada y angosta, de ahí el nombre de “Costa Chica”; el clima dominante es cálido subhúmedo. Las principales actividades socioeconómicas de ambas regiones son (además de la agricultura y la ganadería), la pesca y el turismo.

La caracterización de las UPR en la región permite evidenciar la marginación de la población: pobreza extrema, bajos niveles de educación, de salud y vivienda, el ingreso per cápita es de los más bajos en ambas entidades.

Cambio climático y su relación con seguridad o soberanía alimentaria

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrada en París en 2015, se alcanzó el acuerdo para combatir el cambio climático con un mayor apoyo económico para ayudar a los países en desarrollo. El objetivo central fue reforzar

⁷ Esto significa que, en el proceso de investigación, hay que considerar una multiplicidad de los factores y considerar diversos grados de complejidad e incertidumbre. Por ejemplo, la disminución del rendimiento de un cultivo puede deberse a: sequías, aumento o disminución de la temperatura ambiental, incidencia de plagas y enfermedades, mal manejo de nutrición vegetal, etc.

la respuesta a la amenaza del cambio climático y mantener el aumento de la temperatura mundial en este siglo por debajo de los 2°C (ONU, 2017); México se comprometió a reducir el 22% de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre 2017 y 2030 (INCyTU, 2018).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) señaló que una de las consecuencias de las emisiones de GEI es que la temperatura media de la tierra se elevaría entre 1.1°C y 6.4°C, dependiendo de los escenarios climáticos (IPCC, 2007). El IPCC indica que las actividades del hombre han causado un incremento en el calentamiento global de aproximadamente 1.0 °C con respecto a los niveles preindustriales, además señala que es probable que dicho calentamiento llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052 (IPCC, 2019).

De acuerdo con la Organización Meteorológica mundial (WMO por sus siglas en inglés), los efectos del cambio climático en los patrones de temperatura y precipitación pueden generar demandas adicionales de agua para los cultivos, lo cual limitará su rendimiento. Entre 2006 y 2016, la agricultura (cultivos, ganadería, silvicultura, pesca) en los países en desarrollo representaron aproximadamente el 26% del total de pérdidas y daños incurridos durante desastres relacionados con el clima (WMO, 2019).

En el contexto de producción de alimentos y cambio climático existen diferentes trabajos que demuestran el efecto del cambio climático, su relación con la agricultura de temporal y la vegetación (Cruz, 2011), (Magaña, Méndez, Morales y Milla, 2004), (Munguía y Aguilar, 2016); los campesinos perciben disminución en la precipitación y aumento en la temperatura, estos factores están relacionados con modificaciones en la temporada de siembra del maíz y los cambios climáticos se atribuyen a la pérdida de vegetación (Sánchez y Lazo, 2010), lo anterior concuerda con que los fenómenos meteorológicos extremos se encuentran entre los principales impulsores del reciente aumento del hambre y uno de las causas principales de crisis alimentarias (WMO, 2019).

La crisis en la producción de alimentos, derivada de las transformaciones ambientales señaladas, nos coloca en medio de un problema más agudo en términos de sus repercusiones sociales, a saber, el de la seguridad alimentaria. Si bien, El valor de la producción de cultivos agrícolas se ha multiplicado a nivel mundial desde 1970 (FAO, 2005); en contraparte, existe la reducción de diversidad de cultivos, de parientes silvestres y razas domesticadas lo que se traduce en una menor resiliencia de los agroecosistemas contra el cambio climático (IPBES, 2019). Por otro lado, aunque actualmente se producen suficientes alimentos, el problema es su acceso (FAO, 2005). Se requiere una gran creatividad para definir políticas públicas, inversiones y nuevos hábitos sociales para salir de la crisis económica sin hipotecar los recursos naturales (Delgado, 2020).

En este contexto, el derecho a la alimentación está reconocido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la Ley General de Desarrollo Social (DOF, 2004) y en la Ley General de Salud (DOF, 1984). El concepto de seguridad alimentaria es citado a principios de la década de 1940, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas FAO) donde señaló que 44 gobiernos se reunieron en Virginia, Estados Unidos con la finalidad de considerar el objetivo de la liberación de la miseria en relación con la alimentación y

la agricultura, concluyendo que dicha emancipación implicaba un suministro seguro, suficiente y adecuado de alimento (FAO, 1943).

El aumento de la productividad, la producción y la comercialización de los principales alimentos básicos fueron políticas alimenticias en la década de los 50 y 60, perdiéndose el objetivo de lograr la liberación mediante la reducción de la pobreza. En 1966 la Organización de Naciones Unidas (ONU) aprobó el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales que ofreció el derecho a una alimentación adecuada y a estar protegido contra el hambre; lo cual sentó las bases del concepto general de seguridad alimentaria (ONU, 1966). En 1986, el Banco Mundial publicó un informe titulado “La pobreza y el hambre” atribuyendo tanto el hambre crónica como la inseguridad alimentaria transitoria a la pobreza y la falta de ingresos (Banco Mundial, 1986).

Existen otras aportaciones importantes que desarrollan más el concepto, los trabajos de Amartya Sen sobre hambruna sirven para explicar por qué la gente muere de hambre (Sen, 1981). La tesis principal en este tema es que el hambre no es consecuencia de falta de alimentos o falta de recursos, sino de las desigualdades en los mecanismos de distribución de alimentos, también Salcedo (1998) señala que son las diferentes estructuras sociales que dificultan el acceso a la alimentación.

Sin embargo, existen cuestionamientos sobre la postura de Sen, por ejemplo, no expuso con claridad la génesis de la pobreza, además que elaboró dicho concepto sin incluir una crítica a la riqueza. Umpiérrez (2006) señala que en un mundo donde mueren cada día 20.000 personas de hambre, resulta inadmisibles que sea tan poco revolucionario en su concepción sobre la pobreza. Otra parte que se cuestiona es lo referente al enfoque de capacidades para a la obtención de los índices de desarrollo humano propuesto por Naciones Unidas a través de PNUD, actualmente se deben de considerar ciertos elementos como los derechos humanos, igualdad de género, democracia, dado que son importantes para facilitar las capacidades y oportunidades de las personas (Ruíz y Cruz, 2017).

Respecto de la soberanía alimentaria las diferentes organizaciones campesinas señalan que, para abatir la problemática del acceso a los alimentos, no solo es una cuestión de asegurar una producción suficiente, sino también es importante considerar qué alimentos se producen, cómo y en qué escala (Mariscal, Ramírez y Pérez, 2017), es decir, mencionar de dónde provienen los alimentos, si de la producción interna o del comercio entre países.

Durante el desarrollo de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación, en la ciudad de Roma, en 1996, surgió el concepto de Soberanía alimentaria que acuñó el movimiento internacional denominado como Vía Campesina. De acuerdo con sus principales planteamientos, la Soberanía alimentaria es el “derecho de cada nación a mantener y desarrollar su capacidad de producir alimentos básicos, en lo concerniente a la diversidad cultural y productiva y el derecho a producir nuestro propio alimento en nuestro territorio” (Bringel, 2015, p. 4). El mismo autor señala además que la soberanía alimentaria ofrece alternativas de utilización y disseminación de saberes y conocimientos tradicionales de campesinos.

La Vía Campesina propone y lleva a la práctica el concepto y la política mundial alternativa de soberanía alimentaria, ésta implica una opción del cuidado del medio ambiente, una participación campesina ligada al territorio, pero sobre todo a la defensa de agricultura familiar y la producción de alimentos sanos y nutritivos (Souza y Victorino, 2014).

Seguridad y Soberanía Alimentaria: asuntos complementarios

No es pretensión crear un debate teórico sobre estos dos conceptos, son dos enfoques utilizados para contribuir a resolver el problema alimentario en México, además de ser incluyentes y complementarios, dado que las políticas públicas del sector agrícola aplicadas a partir de la “revolución verde” no han eliminado por completo el hambre que se padece en las zonas marginadas del país, entonces, también se busca la revaloración de productos básicos locales y regionales, la protección de mercados solidarios, en pro de la sustentabilidad social, es decir, asegurar la alimentación.

El concepto de seguridad alimentaria tiene diferentes acepciones, depende del nivel de análisis: global, nacional, regional y hasta familiar. El nivel nacional tiende a compararse con la suficiencia del balance de alimentos disponibles para cubrir las necesidades de la población total, al suponer que existe igual acceso para todas las personas; esta situación no determina automáticamente la de todos los hogares, dado que pueden existir familias rurales pobres que no son capaces de producir o simplemente no tienen el poder económico para su compra. A nivel de hogar también puede referirse a la capacidad de una familia para disponer de suficientes alimentos a través del intercambio, como es el trueque y la guelaguetza, que son dos ejemplos que siguen en práctica en el país. Por su lado, la noción de Soberanía Alimentaria reúne una serie de elementos para el análisis del medio rural actual y de la pugna por un modelo de desarrollo no-capitalista (Mariscal, Ramírez y Pérez, 2017).

La región de estudio: diagnóstico social y ambiental

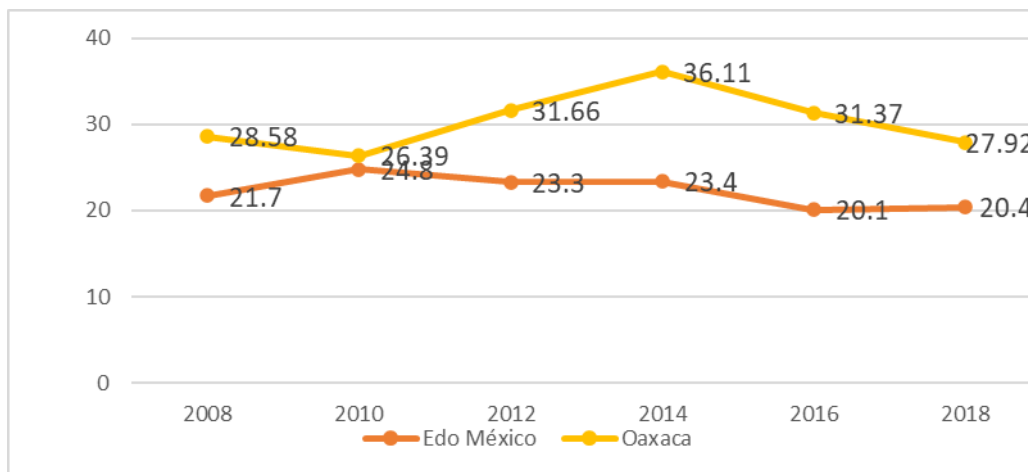
En el sistema agroalimentario dominante en México, como lo señala McMichael (2005), la agricultura se ha transformado en proveedora de materias primas o insumos para la industria alimentaria; igualmente controla parte importante de la producción de agroinsumos de síntesis química, además de que produce y distribuye alimentos contaminados con agrotóxicos (Álvarez-Buylla, 2020); por otro lado, el sistema agroalimentario global se encuentra en una encrucijada: hacer frente al reto de aumentar la producción para atender la creciente demanda de alimentos, para atender el hambre y la malnutrición (Haro, 2020).

El problema del acceso a los alimentos está acompañado con el nivel de pobreza que viven grandes grupos poblacionales en el país, específicamente los que habitan en el Estado de Oaxaca y, con mayor especificidad, en nuestra zona de estudio. Los datos que ofrece el Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social (CONEVAL) nos ayudan a entender no sólo la medición de la pobreza de Oaxaca con respecto de la nacional, sino que nos arroja el nivel mayúsculo del problema.

La Figura 1 muestra el porcentaje de acceso a la alimentación de diez años, donde muestra claramente que la entidad federativa de Oaxaca sufre más para concebir que tiene seguridad alimentaria respecto del porcentaje nacional, esto concuerda con los

indicadores de bienestar del Consejo Nacional de Población (CONAPO) o los índices de marginación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) que Oaxaca es uno de los estados con más carencias sociales; el acceso a los alimentos se vuelve una preocupación para los jefes de familia, justamente esta parte es la que debe de atender el país para cumplir con uno de los objetivos de los Agenda 2030⁸.

Figura 1.- porcentaje de acceso a los alimentos a nivel nacional y estatal (elaboración propia con datos de CONEVAL, 2020)



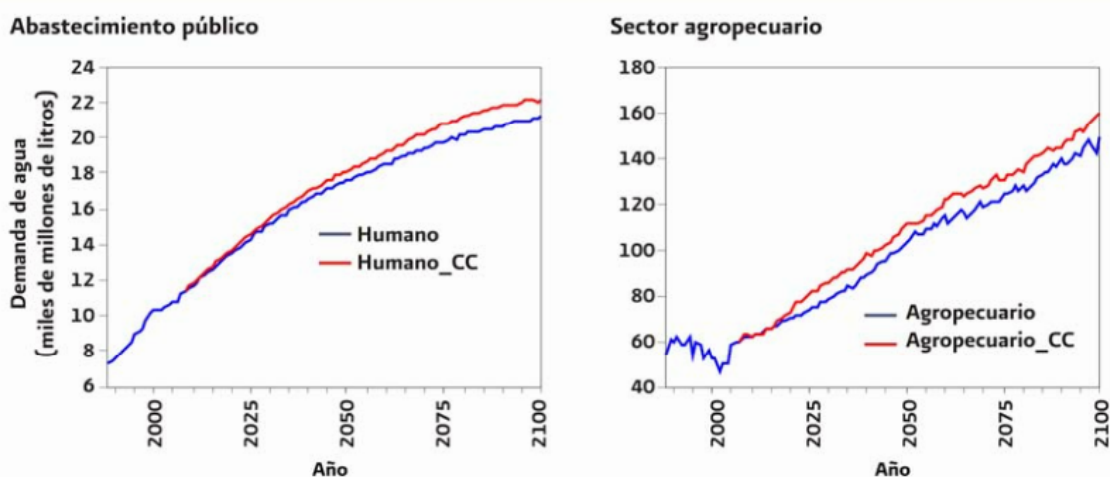
Si la industrialización, contaminación ambiental, producción de alimentos y el agotamiento de los recursos mantienen las tendencias actuales de incremento este planeta alcanzará los límites; el resultado más probable sería un incontrolable descenso, tanto de la población como de la capacidad industrial (Meadows, 1972), como se padece actualmente; o como lo señala Naredo (2000) las enfermedades, los conflictos y el deterioro demográfico, social y económico desembocó en la crisis del modelo; más aún, la crisis ambiental es la crisis de nuestro era, es la crisis del pensamiento y de las formas de conocimiento con las que hemos construido nuestros mundos (Leff, 2004); por si fuera poco, la gran mayoría de los mexicanos tiene una dieta cada vez más deficiente y pobre, y también menos natural y diversa (Álvarez-Buylla, 2020), aunado a que en México producimos sólo el 59% de lo que consumimos, la FAO recomienda a los países producir, al menos, un 75%, somos de los principales importadores de granos y oleaginosas (Haro, 2020).

La política pública hacia el campo inducida por el Estado ha favorecido las desigualdades y carencias sociales en el sector primario. En la educación, parte de la población aún no sabe leer ni escribir, lo que es catalogado como analfabetismo; en cuanto a servicios básicos algunas comunidades se encuentran aisladas geográficamente al haber carencias en sus viviendas, como falta de agua, drenaje y electricidad; a partir de la década de los 60's empieza a perderse la autosuficiencia, la balanza empieza a ser desfavorable y negativa, llevando al país a una dependencia alimentaria (Sánchez, 2014).

⁸ Agenda 2030 objetivo dos, hambre cero: Las estimaciones actuales indican que cerca de 690 millones de personas en el mundo padecen hambre, es decir, el 8,9 por ciento de la población mundial, lo que supone un aumento de unos 10 millones de personas en un año y de unos 60 millones en cinco años. El mundo no está bien encaminado para alcanzar el objetivo de hambre cero para 2030. Si continúan las tendencias recientes, el número de personas afectadas por el hambre superará los 840 millones de personas para 2030. (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>)

El agua es un recurso indispensable para realizar el conjunto de actividades de la vida como lo es para la producción agropecuaria, es escaso y se distribuye de manera heterogénea en el país. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), señaló que en todo el mundo existe aumento de episodios de precipitación intensa, incluso en lugares en que la cantidad total ha disminuido (IPCC, 2008). El incremento constante de la temperatura ambiental hace posible el aumento del consumo de agua para el uso humano, además del gasto en el sector agropecuario, como lo ejemplifica la Figura 2; muestra el efecto del cambio climático en la demanda de agua en estos dos sectores con diferentes proyecciones a lo largo del tiempo.

Figura 2. Efecto del cambio climático sobre la demanda de agua en miles de millones de litros en dos sectores con diferentes proyecciones a lo largo del tiempo. (Fuente. Tomado de La Economía del Cambio Climático en México, SEMARNAT, 2010).



Las diferentes percepciones de las relaciones entre el ser humano y el medio ambiente tienen influencia en el diseño y en la implementación de la política pública para su probable atención a nivel nacional y local; la degradación de los recursos naturales a menudo no es reconocida como una consecuencia del modelo económico dominante, las consecuencias de la degradación ambiental pueden no recibir la debida consideración, lo que puede resultar en una falta de acción (IPBES, 2019).

Metodología

Para relacionar la percepción que tiene los productores de los efectos del cambio climático y la seguridad alimentaria se trabajó bajo el enfoque de la investigación mixta, dado que implica una serie de procesos de recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos; además de utilizar evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender problemas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Como instrumentos para obtener la información, se diseñó y aplicó una encuesta estructurada a nivel de jefes de familia. Para complementar el trabajo de campo se aplicó la investigación etnográfica, dado que es un proceso sistemático de aproximación a una situación social, considerada de manera global en su propio contexto natural, este método busca información detallada de los diferentes aspectos de la vida de los productores conocedores de los saberes climáticos.

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia con el único criterio de seleccionar a jefes de familia que tuvieran disposición de ser encuestados, se emplearon 225 encuestas, en tres municipios de la región del Istmo de Tehuantepec en Oaxaca (San Pedro Tapanatepec, Santo Domingo Zanatepec y San Dionisio del Mar) y tres municipios de Costa Chica de Guerrero (San Luis Acatlán, San Marcos y Ometepec), para evidenciar aspectos cuantitativos y cualitativos.

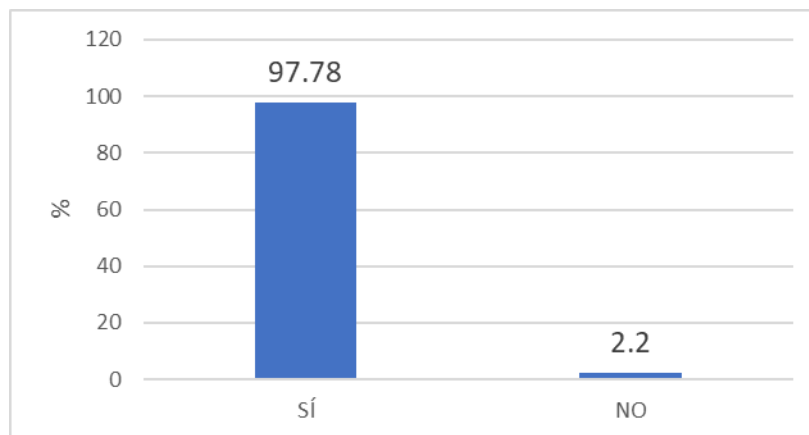
Para analizar la percepción de seguridad alimentaria en cuanto al acceso a los alimentos, son 15 preguntas interrelacionadas, las cuales toman como punto de referencia 3 meses y poseer dinero dentro de las UPR para su compra: preocupación de falta de alimentos, falta de alimentos, alimentación no nutritiva a mayores, poca variedad de alimentos a adultos, privación de comidas a adultos, menos comida servida a adultos, los adultos pasan hambre, sin comida/ una comida a adultos, alimentación no nutritiva a menores, poca variedad de alimentos a menores, privación de comidas a menores, menos cantidad de comida servida a menores, sin comida/ una comida a menores.

Resultados y Discusión

El cambio climático como fenómeno posee un alto riesgo donde existe una probabilidad de ocurrencia de eventos catastróficos (como impacto de huracanes en la región) o sequías que contribuyen a la merma de la producción de cultivos; de esta forma, al construir estrategias de mitigación y adaptación debe reconocer la necesidad de utilizar diversos instrumentos, entre ellos limitar la expansión de la frontera agrícola para no seguir deforestando, además de considerar plenamente el tipo de UPR por atender.

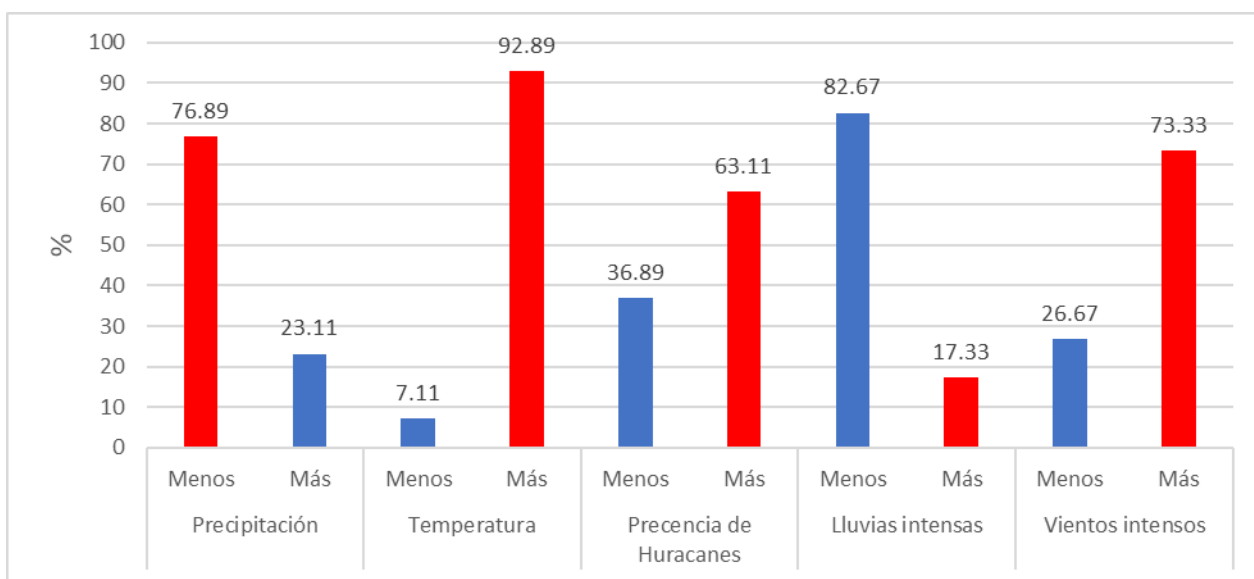
La percepción social son la serie de interrelaciones del sujeto con los demás y su medio, es decir, cómo los entrevistados relacionan los impactos del cambio climático en su región, de las prácticas de mitigación y de adaptación que realizan, dado que es uno de los problemas ambientales al que se enfrentan, debido a que tiene impacto en los recursos hídricos, en los diferentes ecosistemas, en los diferentes procesos productivos. La Figura 3 muestra los resultados al aplicar las encuestas, el 97.78% de los entrevistados han percibido que existe un cambio en el clima en sus localidades, es un valor demasiado alto, lo que significa que en las localidades sí están de manifiesto los efectos del cambio climático.

Figura 3. Percepción del cambio climático en la región de estudio. Elaboración propia, 2020.



El fenómeno del cambio climático conlleva un alto nivel de incertidumbre al poseer un conjunto heterogéneo de variables involucradas: climáticas, económicas, sociales; también se reconoce que a la complejidad del fenómeno debe agregarse la carencia de información adecuada. La percepción que tiene los productores respecto a las variaciones climáticas en su región se reporta en la Figura 4, donde se muestra que el 76.89% percibe que llueve menos; 92.89% distingue que la temperatura ambiental aumentó; 63.11% señala que tienen más presencia de huracanes; 17.33% han notado que existen más lluvias torrenciales y 73.33% menciona que los vientos intensos han incrementado, su efecto es negativo al impactar en el derribo de la floración de cultivos como el mango, el cual es muy susceptible.

Figura 4. Percepción en las variables climáticas en la región de estudio. Elaboración propia, 2020.



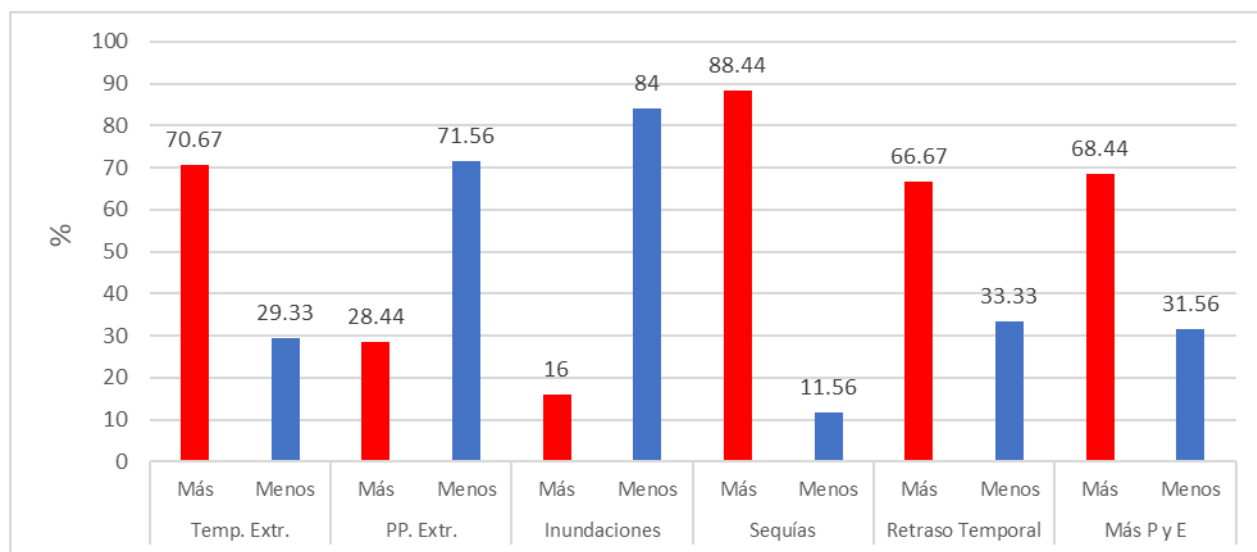
La agricultura que se practica en la región corresponde a una variación respecto de: (a) condiciones medioambientales y socioeconómicas, (b) utilización o no de maquinaria agrícola, (c) aplicación de agroinsumos de síntesis químicas, (d) riego o de temporal, por tanto, para fortalecer la producción de alimentos básicos como maíz y frijol, es indispensable la generación de tecnologías adecuadas, para el desarrollo económico y social, que permita a las familias campesinas mejorar su calidad de vida y tener acceso a la alimentación en calidad y cantidad.

En este contexto, el sector agropecuario es una actividad esencial que contribuye a la economía familiar y regional; para el 2019 el producto interno bruto nacional (PIB) de las actividades primarias (agricultura, ganadería, pesca y silvicultura) fue del 2,3%, genera empleos directos e indirectos, está inmerso en las economías locales y regionales al reinvertir capital, comprar insumos como semillas, fertilizantes, entre otros, este sector es básico para México.

En la Figura 5 se presentan las diferentes percepciones relacionadas con el cambio climático y la agricultura en la región, 70.76% tiene certeza que las temperatura

extremas han aumentado; 28.44% señala que existen más precipitaciones extremas ambas variables impactan de forma directa en el rendimiento de los cultivos tanto anuales como frutales, 16% cita que tienen más inundaciones; 88.44% mencionó que las sequías agronómicas han aumentado, es decir, la necesidad de agua en los cultivos cada vez será mucho mayor, esto va de la mano debido a que el 66.67% indicó que en la región se está presentando el retraso del temporal de lluvias y el 68.44% reportó que a nivel de sus parcelas han notado que las plagas y enfermedades en los cultivos ha aumentado debido al incremento de la temperatura.

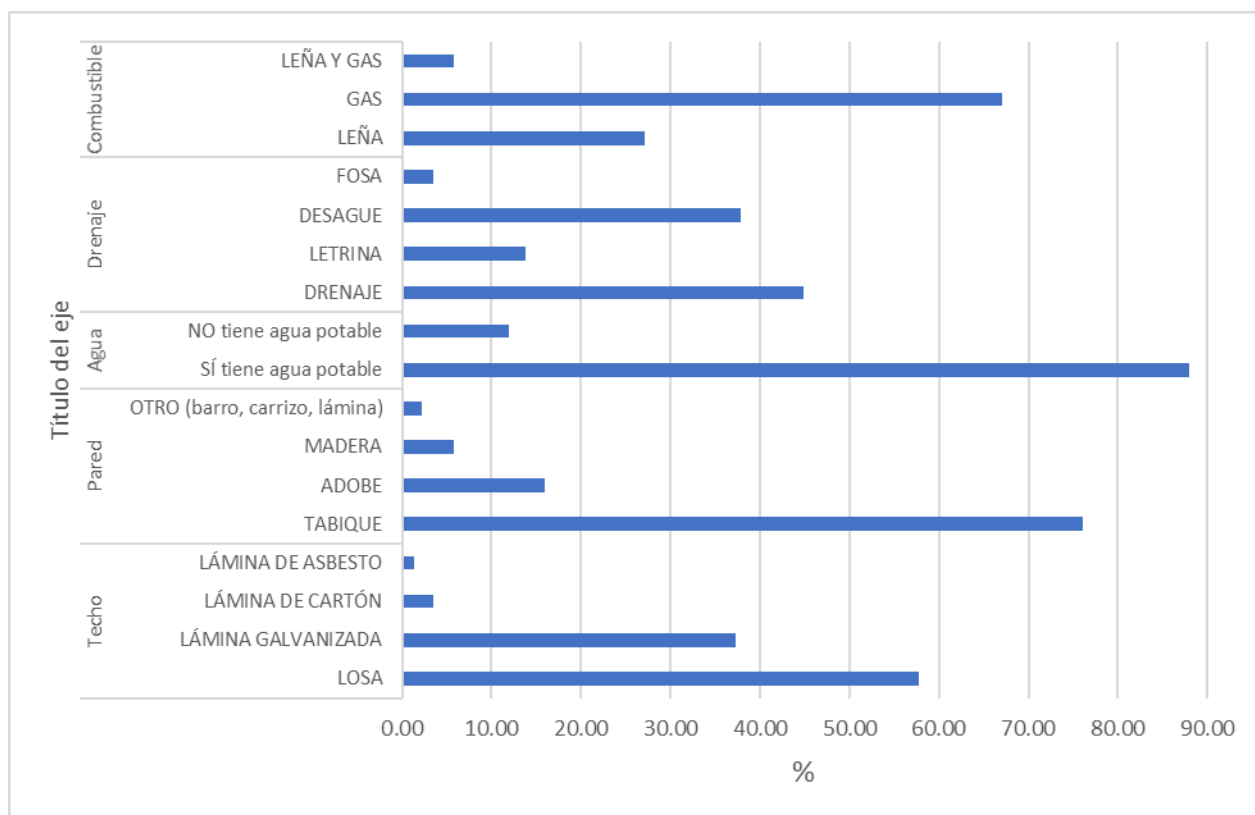
Figura 5. Percepción de las modificaciones en las variables ambientales en relación con la agricultura de la región de estudio. Elaboración propia, 2020.



Respecto de la caracterización de las UPR se analizaron las condiciones de la vivienda de los entrevistados como es reportado en la Figura 6; respecto del techo en las viviendas el 57.78% tienen losa, es decir 42.22% su techo es de lámina (asbesto, cartón y galvanizada) lo cual es relacionado con el incremento del calor dentro de la casa producto del aumento de la temperatura ambiental; en lo referente al material de construcción de la pared el 76% tiene tabique, el 16% es de adobe, el 8% aún viven en paredes de madera, inclusive de carrizo y lámina lo que concuerda con el rezago social de las entidades federativas.

En lo referente a los servicios básicos como el acceso al agua potable dentro de la vivienda, el 88% mencionó que sí cuenta con ella, sin embargo el 12% aún no cuenta como agua potable para consumo humano, lo cual es un problema social grave en la región; en cuanto al drenaje el 44.89% lo tiene dentro de la vivienda, el 13.78% usa letrina, sin embargo el 37.78% tiene desagüe hacia los arroyos a cielo abierto lo que puede representar un problema de salud a nivel de las diferentes localidades, dado que las altas temperaturas de la región contribuyen al desarrollo de enfermedades; por último en lo referente al combustible que usan en la cocina de las familias, el 27.11% utiliza leña y el 5.78% lo combina con gas, esto es importante debido a que al consumir leña se favorece de manera indirecta a la deforestación, y esto es un factor de riesgo dado que es eliminada la vegetación natural contribuyendo a la desertificación local.

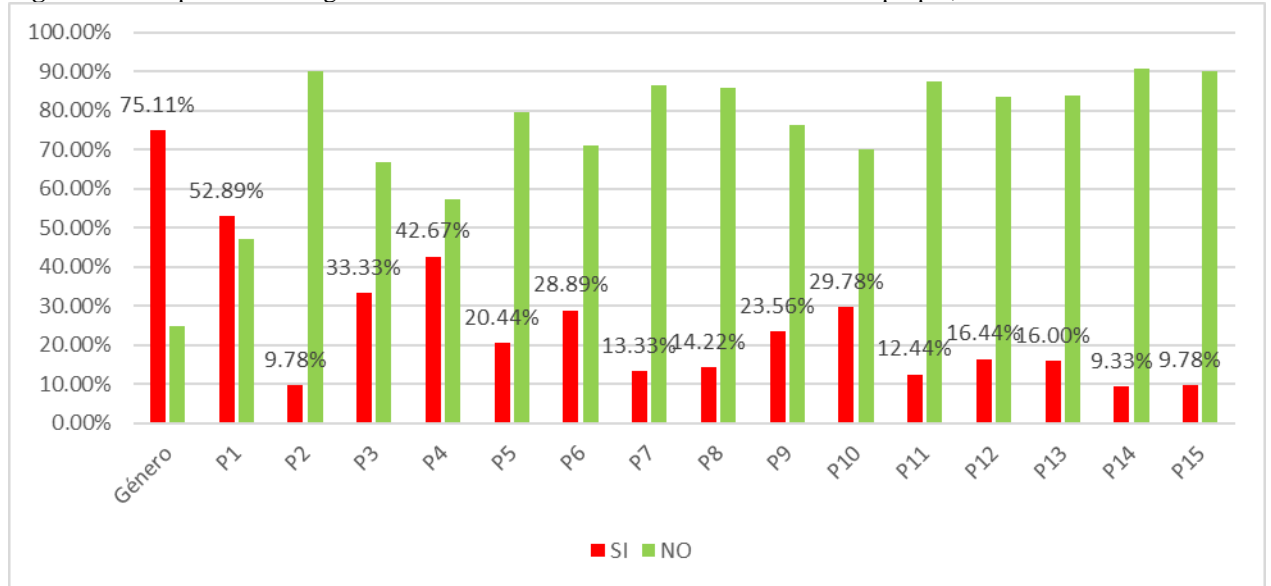
Figura 6. Caracterización de la vivienda en la región de estudio. Elaboración propia, 2020



La seguridad alimentaria está amenazada por el cambio climático, el crecimiento demográfico, la pérdida de suelo fértil, cambios en los regímenes alimenticios, principalmente. Por otro lado, Los problemas de acceso a la alimentación que enfrenta la población responden a diferentes y variados problemas de diversa naturaleza: altos precios de los alimentos, oferta adecuada, disponibilidad todo el año, cantidad, calidad y variedad suficiente de alimentos, por supuesto lo relacionado a la merma de la producción producto de las anomalías climáticas. Este análisis destaca el acceso y la disponibilidad de alimentos, no se aborda la parte nutricional debido al enfoque del estudio, además de considerar que la seguridad alimentaria no es sinónimo de un buen estado nutricional, es condición necesaria pero no suficiente.

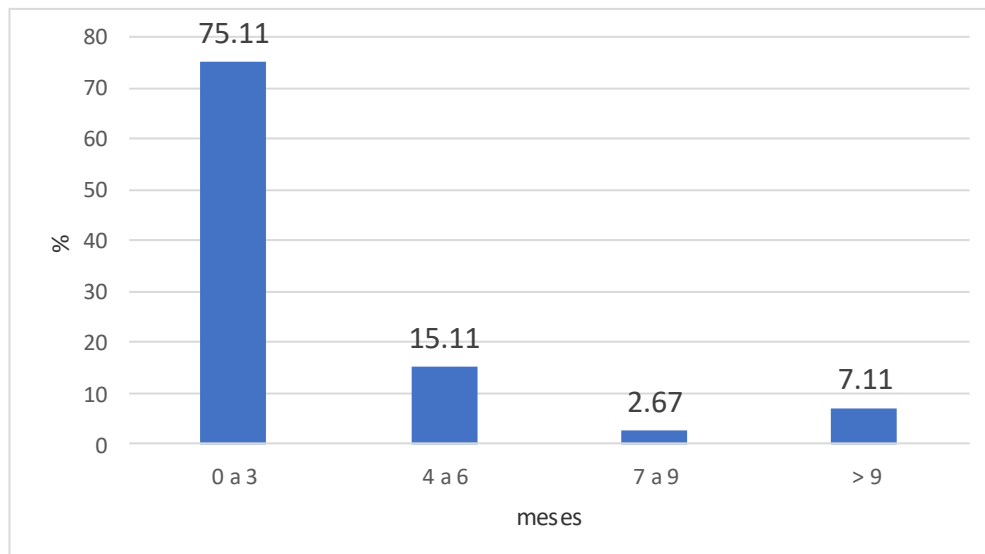
La Figura 7 muestra la primera etapa de la seguridad alimentaria correspondiente a disponibilidad y acceso a los alimentos; el 52.59% de los encuestados señalan que en los últimos tres meses el jefe de familia tiene preocupación por la falta de alimentos en su vivienda, el 9.78% sí ha tenido falta de comidas en casa, el 33.33% está consciente que su alimentación no ha sido bien nutritiva para los adultos, el 42.67% menciona que existe poca variedad en su alimentación, lo más grave es que 20.44% se ha privado de alguna comida para adultos, el 28.89% han tenido que servir menos comida o en ocasiones como lo señala el 13.33% se han quedado sin comer, lo valores son similares para los infantes dentro de la vivienda.

Figura 7. Percepción de la seguridad alimentaria dentro de las UPR. Elaboración propia, 2020.



La productividad de los suelos agrícolas de México es muy baja además de que los campesinos son los menos provistos de recursos económicos para invertir en sus parcelas, tienen poco acceso a las tecnologías “modernas” para buscar aumentar sus rendimientos; otra cuestión a tomar en cuenta para analizar la productividad es que las tecnologías implementadas como paquetes tecnológicos no se desarrollaron para adecuarse a la realidad de sus sistemas de producción y de su entorno, por lo que no son eficaces para aumentar la productividad agrícola. El cambio climático en la región de estudio representa una amenaza adicional para la producción de alimentos. La Figura 8 muestra que el 75.11% de los entrevistados no tiene necesidad de comprar maíz o sólo compa para muy poco tiempo y terminar el año agrícola, sin embargo, el 15.11% se ve en la necesidad de comprar maíz de 4 a 6 meses, y lo más grave de la seguridad alimentaria regional es que 9.78% de las familias rurales posee la necesidad de comprar maíz más de siete meses al año agrícola.

Figura 8. Necesidad de comprar maíz a lo largo del año en la zona de estudio. Elaboración propia, 2020.



En México gran parte de su población es rural y en muchos casos, la mayoría de las personas dependen únicamente de la agricultura o combinada con otras actividades, producen lo necesario para su consumo, si bien es significativa la adaptación al cambio climático, es especialmente importante para la región de estudio, dado que son vulnerables a los efectos de las variaciones climáticas.

Conclusiones

El método aplicado para efectuar el presente estudio permitió aportar a la investigación la manera de percibir y medir la valoración subjetiva que realizan los productores sobre el sentido de los cambios de su entorno social, económico y ambiental relacionados con el cambio climático y la seguridad alimentaria a nivel familiar, de tal manera que permitirá producir cambios como toma de conciencia de la problemática, sugerir medidas de adaptación desde la perspectiva agroecológica.

Para la producción de alimentos en México se debe adoptar un nuevo modelo agrícola que garantice que sean nutritivos y en cantidad suficiente para las familias o comunidades más necesitados; dicho modelo debe adaptarse al cambio climático y que, en la medida de lo posible, contribuya a mitigarlo; que conserve la diversidad biológica y cultural, como es el agroecológico; con innovación de técnicas para promover un modelo de agricultura regeneradora, adaptable, eficaz en el uso de los recursos y no dependiente de los insumos de síntesis química.

Es necesario diseñar sistemas agrícolas o fortalecerlas en su caso, que sean resilientes a las crisis climáticas la cual es cada vez más frecuentes, debido a que los alimentos deben estar disponibles, física y económicamente, a toda la población (aún más para los necesitados como las familias rurales), dado que los alimentos dependen tanto de la oferta (disponibilidad) como de la demanda de los consumidores finales.

La seguridad y soberanía alimentaria son un paradigma que se han convertido en el nuevo marco de política pública para cuestionar las tendencias del desarrollo rural, al no respaldar los intereses y las necesidades de los pequeños productores agrícolas de la región. La constante búsqueda de lograr la seguridad alimentaria es una oportunidad para crear estrategias locales de adaptación y mitigación al cambio climático global.

En el contexto de rápido incremento demográfico en el país, la reducción de la superficie agrícola y del deterioro de la calidad del suelo, los pequeños productores pueden desempeñar un papel importante para completar la producción de una amplia diversidad de cultivos, optar por una diversidad agroecológica en sus parcelas en lugar de centrarse únicamente en monocultivos.

Se debe de buscar la atención de la pobreza alimentaria en particular de las pequeñas unidades de producción familiar, donde los productores cuentan con poca superficie agrícola, dependen del temporal de lluvias y su tecnología es básica; precisar que el aumento en los rendimientos de los cultivos básicos no sacará a las familias de la pobreza o de la marginación, la venta de los excedentes de la cosecha es minúsculo para cubrir todas sus necesidades básicas en su familia.

Una familia (rural) posee certeza de seguridad alimentaria cuando tiene acceso a la alimentación requerida para una vida saludable para todos sus miembros, tanto en

términos de calidad, cantidad y no está en riesgo de perderla; se debe de atender también aquella parte relacionada a inseguridad alimentaria estacional y transitoria, además de tomar en cuenta cuestiones naturales como sequías, heladas, granizadas y cualquier tipo de desastre natural.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez-Buylla, R. A. E. (22 de septiembre de 2020). Sistema agroalimentario, cuidado ambiental y salud. *La jornada*.
- Banco Mundial. (1986). *La pobreza y el hambre*. Washington D. C. Consultado en <http://www.fao.org/3/MD776s/MD776s.pdf>
- Bringel, B. (2015). *Soberanía alimentaria: la práctica de un concepto*. Global. Consultado en <http://www.gloobal.net/iepala/gloobal/fichas/ficha.php?entidad=Textos&id=14363&html=1>
- Cárcamo, R. y Álvarez, A. (2014). La seguridad alimentaria y las políticas públicas. Una visión conceptual. En *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*. 14(27), pp. 98-126.
- CONEVAL. (2019). *Medición de la pobreza*. Recuperado de <https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx>.
- Cruz, L. M. (2011). *Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa Municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México: evidencia de adaptación al cambio climático*, en *Ra Ximhai*, 7(1), 95-106.
- Delgado, P. M. (2020). *Entre la crisis climática y la pandemia: la vía del desarrollo sostenible*. Consultado en <https://www.nexos.com.mx/?p=48397>
- Doering, O. C., Randolph, J. C., Southworth, J. and Pfeifer, R. A. (Eds). (2002). *Effects of Climate Change and Variability on Agriculture Production Systems*. Springer, New York. 275pp.
- FAO. (2005). *Directrices voluntarias en apoyo de la realización progresiva del derecho a una alimentación adecuada en el contexto de la seguridad alimentaria nacional*. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (1943). Declaración de la Conferencia de Hot Springs. Citado en FAO (1981). *FAO: its origins, formation and evolution 1945–1981*. Roma. Disponible en línea en: <http://www.worldfooddayusa.org/?id=16367>
- Haro, L. F. (09 de agosto de 2020) *Agroecología y la autosuficiencia alimentaria*. El Sol de México. <https://www.elsoldemexico.com.mx/analisis/agroecologia-y-la-autosuficiencia-alimentaria>.
- Hernández, S. R., Fernández, C. C. y Baptista, L. Ma. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición. México. Mcgraw-hill /Interamericana editores, S. A. de C.V.

- INCyTU (2018). Cambio climático y el Acuerdo de París. Consultado en: <http://www.foroconsultivo.org.mx/>
- IPBES. (2019). The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: summary for policymakers. IPBES secretariat, Bonn, Germany. Consultado en <https://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/ipbes>
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.
- IPCC (2008). *El Cambio Climático y el Agua*. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Bates, B. C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J. P. (eds). Ginebra: Secretaría del IPCC, 224 pp.
- IPCC (2019). Calentamiento global de 1,5 °C. Resumen para responsables de políticas. [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor & T. Waterfield (eds.)]. Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo I. IPCC. Consultado en www.ipcc.ch
- Leff, E. (2004). *Racionalidad Ambiental*. La reapropiación social de la naturaleza. Primera edición. Siglo XXI Editores, México
- Magaña, V., Méndez, J. M., Morales, R. y Millán, C. (2004). Consecuencias presentes y futuras de la variabilidad y el cambio climático en México. J. Martínez, A. Fernández (Eds.), *Cambio climático: una visión desde México*, INE-SEMARNAT, México, pp. 203–213.
- Mariscal, M. A., Ramírez, M. C. y Pérez, S. A. (2017). Soberanía y Seguridad Alimentaria: propuestas políticas al problema alimentario. *Textual*. (69), 9-26. doi: 10.5154/r.textual.2017.69.001
- McMichael, P. (2005). Global development and the corporate food regime. In F. H. Buttel and P. McMichael, (eds), *New Directions in the Sociology of Global Development*, 11, 229-67. Oxford: Elsevier.
- Munguía, F. Y. y Aguilar, M. M. (2016). Efectos e impactos del cambio climático en el maíz blanco en El Salvador. En Conde, A. A. C y López, B. J. (Coord). *Variabilidad y Cambio Climático. Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en América Latina y el Caribe Propuestas para Métodos de Evaluación*. México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Naredo, J. M. (2000). Ciudades y crisis de civilización, en Documentación Social. *Revista de Estudios Sociales y de Sociología Aplicada*, abril-junio (119): Ciudades habitables y solidarias, Cáritas Española.

- Organización de Naciones Unidas (ONU). (1966). *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales*. Aprobado y abierto a la firma, ratificación y adhesión mediante la resolución 2200A (XXI), 16 diciembre de 1966, de la Asamblea General. N. Y. Disponible en <https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/cescr.aspx>
- Organización de Naciones Unidas (ONU). (2017). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Consultado en: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php
- Ruíz, S. J. y Cruz, R. M. (2017). Elementos para una crítica de las tendencias recientes de medición del desarrollo y la calidad de vida. *Región y Sociedad* (70), 301-321.
- Salcedo, M. D. (1998). *Autonomía y bienestar. La ética del trabajo social*. 1era ed. Granada, Comares.
- Sánchez, C. M. S. & Lazos, Ch. E. (2010). *Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico*. *Climatic Change* 107 (3), 363-389. DOI: 10.1007/s10584-010-9972-9
- Sánchez, C. J. E. (2014). La política agrícola en México, impactos y retos. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35 (julio-diciembre), 946-956. Consultado en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14131676004>
- SEMARNAT. (2010). *La Economía del Cambio Climático en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, México, D.F.
- Sen, A. (1981). *Poverty and Famines: An Essay on Entitlements and Deprivation*. Oxford: Oxford University Press.
- Souza, S. J. y Victorino, R. L. (2014). *Educación Agrícola Superior*. Cambio de época. Cámara de Diputados- CDRSSA, México. p 29-40.
- Umpiérrez, S. F. (2006). *Una crítica al concepto de pobreza de Amartya Sen*. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/una-critica-al-concepto-de-pobreza-de-amartya-sen/>
- WMO. (2019). Provisional Statement of the State of the Climate in 2019. Consultado en <https://gcos.wmo.int/en/global-climate-indicators>.

CAPITULO V

EVIDENCIAS DE LA VARIACIÓN CLIMÁTICA REGIONAL

Para analizar los impactos que causa el cambio climático en la agricultura de temporal, en este caso, en la región del Istmo de Tehuantepec, se trabajó de la forma siguiente:

- (a) Análisis Agroclimático: se eligieron las normales climatológicas de acuerdo a la latitud, longitud y altitud de los periodos: 1941-1970, 1951-1980, 1961-1990 y 1971-2000, analizando temperatura media máxima, temperatura media mínima, temperatura media ambiental, precipitación y evaporación; para el cálculo del periodo de crecimiento se realizó con la metodología propuesta por FAO (1981) en el proyecto de Zonas Agroecológicas y, de esta forma evaluar los impactos del cambio climático en la vertiente del Pacífico Mexicano, permitiendo construir un escenario climático base regional.
- (b) Se diseñaron y aplicaron cuestionarios a los productores rurales, para conocer y evaluar la percepción social de los impactos negativos del cambio climático, en el ámbito económico, ecológico y social y, de esta forma documentar la situación ambiental en la región del pacífico Sur Mexicano.
- (c) Se Diseñó una propuesta de manejo ecosocial de adaptación de la agricultura de temporal, ante los efectos del cambio climático regional.

Análisis de la temperatura regional

En la actualidad la variabilidad climática afecta a las actividades económicas como la agricultura, ganadería y actividades forestales. En términos generales, en el país a partir de noviembre y en los primeros meses del año se caracteriza por tener condiciones secas y frías. La época húmeda en el país se intensifica en julio, prolongándose hasta parte del otoño por la influencia de las ondas del

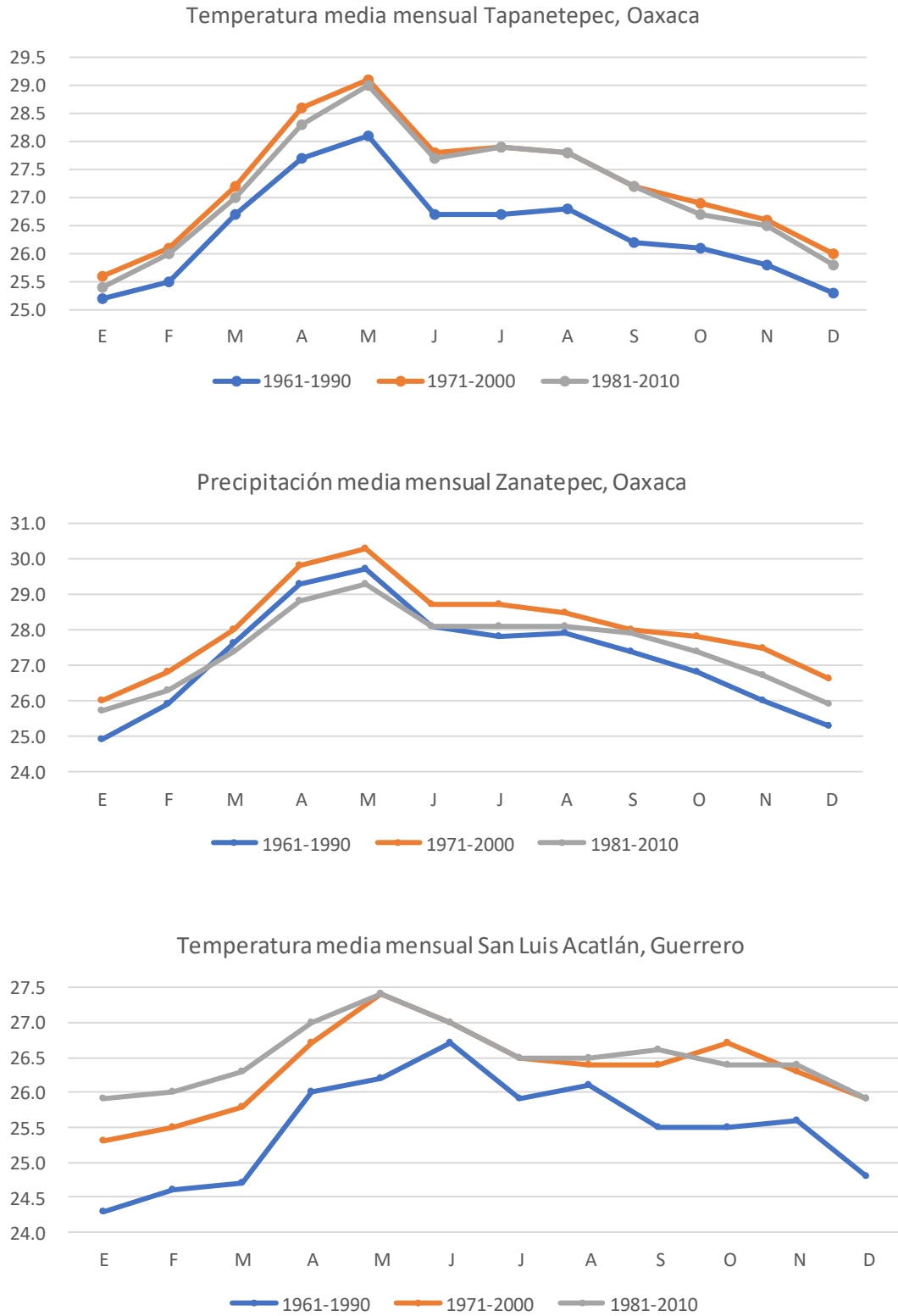
este y los ciclones tropicales que se originan en parte del océano Pacífico (Hernández et al., 2001).

Las actividades como la agricultura, ganadería y recolección, cuando no se planifican de manera correcta, además de las características propias de las tierras áridas, la precipitación escasa e irregular y la poca cobertura vegetal, contribuyen a la desertificación. De acuerdo con los datos del INEGI (2010), en las tierras semiáridas de México habitaban 33.6 millones de personas, es decir, alrededor del 30% de la población del país, lo cual genera una presión sobre el recurso suelo.

La región del Pacífico Sur Mexicano está situada en la zona tropical y subtropical, es por lo que tiene influencia los vientos alisios; el territorio nacional también se encuentra influenciado por frentes provenientes del norte, que dan lugar a lluvias y tormentas, además de provocar descensos de temperatura (Reyna, Grados y Gómez, 2012).

La ubicación geográfica (principalmente latitud) del país y su gran complejidad topográfica contribuyen a que más de la mitad del territorio sea árido y semiárido, es decir, además de que está localizado en el trópico de Cáncer, el cual marca en forma aproximada la franja de transición entre el clima árido y semiárido que se presenta hacia el norte; por tanto, por humedad aproximadamente el 56% del territorio corresponde a zonas muy áridas, áridas y semiáridas que dominan el norte y las áreas del centro del país (De Alba y Reyes, s/f). La Figura 4, muestra las diferencias de temperatura media mensual, de tres estaciones meteorológicas de la región de estudio, para observar el comportamiento en diferentes periodos normalizados.

Figura 4. Diferencias térmicas en tres estaciones meteorológicas del área de estudio, con tres normales climatológicas.



Fuente, elaboración propia con datos de CNA, 2021.

En la Figura 4 se apreció el comportamiento de la temperatura media mensual de los tres periodos normalizados más recientes de tres diferentes estaciones meteorológicas de la región de estudio, entre los que destacan los periodos 1961-1990 y 1971-2000 y 1981-2010. En los lugares se puede observar claramente que existe un incremento en la temperatura ambiental, lo cual conlleva en estos momentos a una variación climática, lo que tiende a dar origen a un cambio climático regional.

El incremento de la temperatura media mensual que está presente en cada estación meteorológica, por ejemplo, en San Pedro Tapanatepec, Oaxaca, la temperatura se ha elevado en 0.8°C en promedio, señalando que este incremento no ha sido lineal, en los meses de marzo, junio y julio ha sido casi de 1.5°C . En la estación meteorológica de Santo Domingo Zanatepec, Oaxaca, se aprecia que la temperatura media fue incrementada en 0.9°C , presentando el mismo comportamiento que Tapanatepec.

En lo que respecta a la estación de San Luis Acatlán, Guerrero, el incremento térmico ha sido de 0.8°C , muy similar a las estaciones de Oaxaca, lo que indica que la temperatura ambiental paulatinamente se ha ido incrementando, producto de la actividad antropogénica y por causas naturales; el incremento ha sido constante y no muestra ningún descenso.

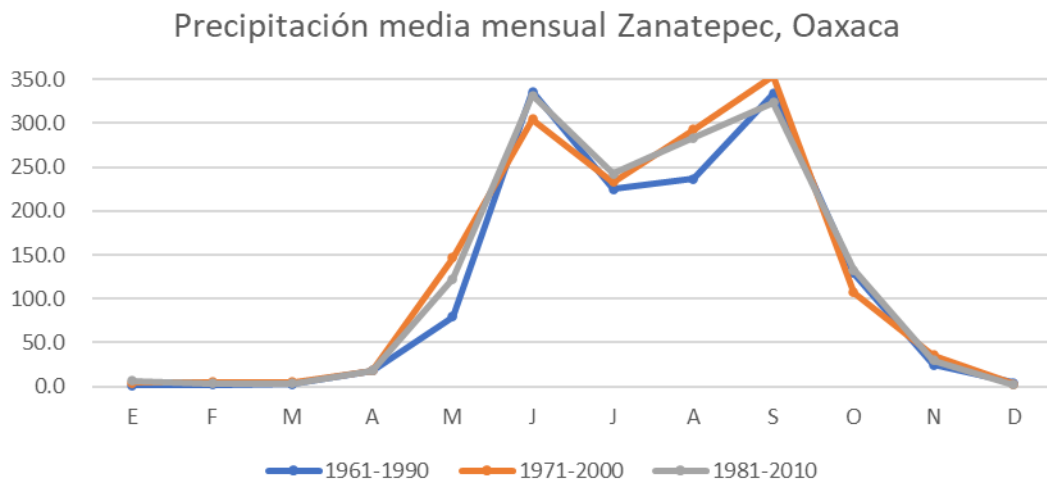
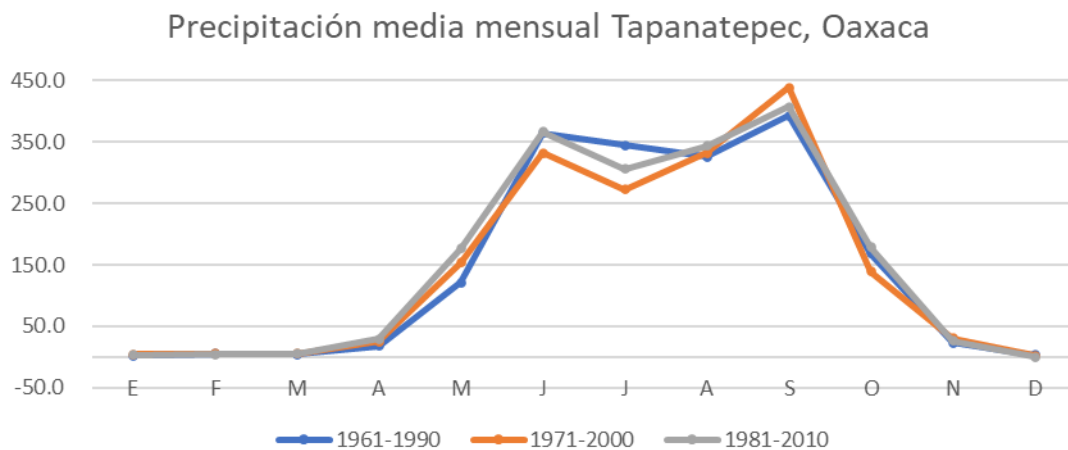
Lo anterior indica que en la región se ha registrado un aumento de temperatura ambiental promedio de 1.0°C ; en este sentido el IPCC (2018) en su nuevo informe de evaluación sobre calentamiento global señaló riesgos asociados al clima y que afecten a la salud, la subsistencia, la seguridad alimentaria, el suministro de agua con un aumento de 1.5°C , señalando que su efecto sería mayor con un calentamiento de 2°C , valor que no está muy lejos de alcanzarse en la región de estudios.

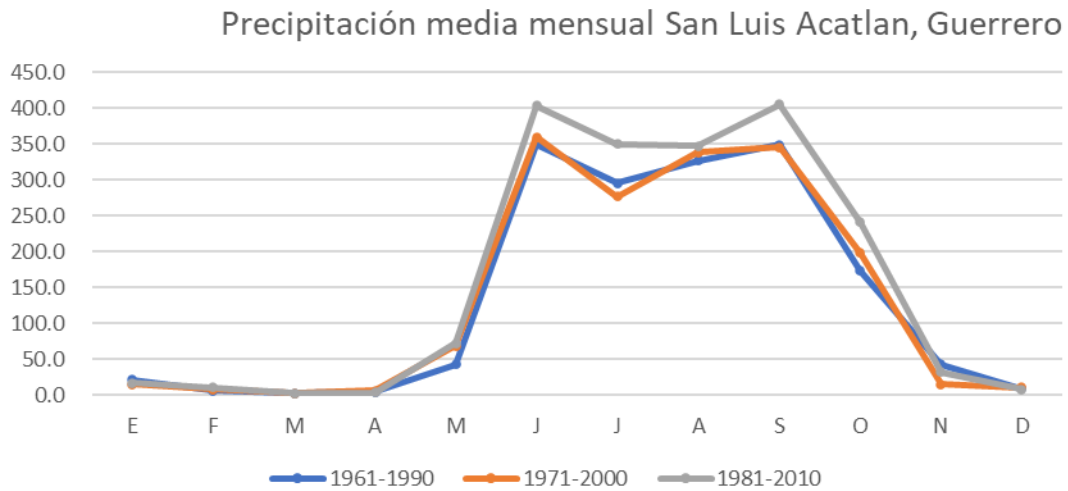
Análisis de la precipitación regional

En lo referente a la precipitación media mensual, la Figura 5 muestra la estadística de la región a escala mensual, con un horizonte de tres diferentes

normales climatológicas, es decir, el promedio de la lluvia para los periodos: 1961-1990, 1971-2000 y 1981-2010, en las tres estaciones meteorológicas se observa una disminución paulatina de la precipitación, la diferencia en promedio es de 100 a 150 mm.

Figura 5. Diferencias de precipitaciones medias mensuales en tres estaciones meteorológicas del área de estudio, con tres normales climatológicas.





Fuente, elaboración propia con datos de CNA, 2021.

La variación de la precipitación en el tiempo y espacio se asocia a diferentes fenómenos, puede deberse a cambios climáticos naturales o inducidos por el ser humano, en este contexto, Peixoto y Oort (1992) consideraron que la variación de la precipitación está relacionada con efectos de escala local que con movimientos de circulación global, además señalan que el sistema climático es un sistema forzado, no lineal, complejo, heterogéneo y exhibe una variabilidad natural en muchas escalas de movimiento, tanto en el tiempo como en el espacio.

La precipitación ha ido disminuyendo paulatinamente en la región, la cantidad de precipitación total no es problema, el inconveniente radica en la intensidad y en la distribución a lo largo del año; por otro lado, se tiene que la lluvia es más abundante del lado del Golfo de México que del lado del Pacífico, debido a que la costa del Golfo tiene en una gran extensión precipitaciones mayores de 2,000 mm (García, 2003).

La Organización de las Naciones Unidas publica año con año el Informe Mundial de los Recursos Hídricos, es el informe principal de la ONU sobre el agua. Este estudio ofrece un panorama global sobre el estado del recurso y tiene como objetivo proporcionar herramientas a los responsables de la toma de decisiones para la implementación del uso racional. La edición 2020 trató el

tema del agua y cambio climático, en el cual se mostró que el cambio climático va a influir negativamente en la cantidad y calidad del agua disponible a nivel mundial para satisfacer las necesidades básicas de la sociedad, lo cual pone en peligro de cumplir con el objetivo seis de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, cuya meta es conseguir el acceso al agua limpia y el saneamiento para todos en los diez próximos años (UNESCO; 2020).

La UNESCO (2020) en el mismo Informe se centró en los desafíos, oportunidades y posibles respuestas al cambio climático, respecto de adaptación y mitigación que pueden abordarse al mejorar la gestión del agua, buscando la mejora de la provisión de servicios de suministro de agua.

La falta de agua para la producción de alimentos

Las plagas y enfermedades en los cultivos se han incrementado en la medida que la temperatura ambiental ha ido aumentando y la precipitación ha disminuido, en la búsqueda de soluciones, por ejemplo, en el cultivo de arroz se ha comprobado que el silicio induce la resistencia contra enfermedades, producto de *Rhizoctonia*, *Pyricularia*, *Helminthosporium*, *Rynchosporium*, *Sarocladium* (Viana, 2008b); el silicio es absorbido como ácido silícico, lo que hace suponer que el mecanismo de resistencia de la planta esté asociado a la cantidad de silicio en el tejido celular (Winslow, 1992).

Uno de los problemas en la producción agrícola del mundo y del país es la escasez de agua, aunado a los efectos principales que causa el fenómeno atmosférico el “Niño” en la costa del Pacífico de México que son de incrementar las lluvias en la época invernal y disminuyen la cantidad de lluvia durante los meses de junio a agosto (Magaña, 1999), que es justamente la época cuando se practica la agricultura de temporal en México. En otros cultivos como calabaza (*Cucurbita sp.*), avena (*Avena sativa* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) observaron que la aplicación de Silicio aumenta la síntesis de las enzimas relacionadas con un incremento en la producción de quinonas que tienen propiedades antibióticas (Gómez, et al. 2005).

Sin embargo, el país por sus distintas condiciones climatológicas cuenta con dos ciclos diferentes: primavera-verano (donde se aprovecha el agua de lluvia) y otoño-invierno, que en ciertos lugares es practicada para aprovechar la humedad residual, principalmente la que almacenó el suelo, el ciclo otoño-invierno inicia en el mes de octubre y termina en marzo en la región de estudio. Algunos cultivos importantes de este ciclo correspondientes al año de siembra 2019 se reportan en el Cuadro 1, los cuales se sembraron en los estados de Oaxaca y Guerrero.

Cuadro 1. Cultivos sembrados en otoño-invierno en Guerrero y Oaxaca en el ciclo agrícola 2019.

Cultivo/Estado	Superficie sembrada (ha)	Producción (ton)
Ajonjolí		
Guerrero	50	37
Oaxaca	394	308
Frijol		
Guerrero	5,332	4,505
Oaxaca	5,762	5,467
Garbanzo grano		
Guerrero	787	763
Oaxaca	219	215
Maíz de grano		
Guerrero	31,085	119,423
Oaxaca	70,074	172,486

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)

Aparte de los cultivos señalados, existen leguminosas que son capaces de adaptarse a condiciones ambientales extremas, han creado modificaciones morfológicas, anatómicas, bioquímicas como estrategias de adaptación a la sequía, así se tiene por ejemplo *Indigofera cordifolia*, *Indigofera linnaei*,

Indigofera sessiliflora (Gehlot et al., 2012); las especies que toleran la sequía poseen mecanismos que les permiten resistir la deshidratación celular (Levitt, 1980) la presentan especies como *Acacia jacquemontii*, *Mimosa hamata*, *Prosopis*, *Crotalaria burhia*, *Rhynchosia minima*, *Tephrosia purpurea*, *Tephrosia uniflora*, *Tephrosia villosa* (Gehlot, et al., 2012).

En este contexto de escasez de agua, según datos de la ONU 2.600 millones de personas dependen de la agricultura, con tres cultivos básicos arroz, maíz y trigo, sin embargo, alrededor del 52 % de la tierra utilizada para la agricultura está afectada por la degradación del suelo, por otro lado, datos de la UNCCD, el 70% de ecosistemas ha sido transformado, una situación es preocupante, porque para el 2030 se necesitarán 300 millones de hectáreas más para producción de alimentos, factores que favorecerán el avance de la desertificación (Usquillas, 2020).

Ante esta situación de escasez de agua en el sector agrícola se buscan soluciones o alternativas para su manejo y mejor aprovechamiento, contribuyendo a las prácticas de mitigación y adaptación del cambio climático, es así como se han identificado bacterias, algas y otros microorganismos capaces de sobrevivir en las primeras capas del suelo en condiciones extremas de sequía, manteniendo la humedad y aportando nutrientes. Por ejemplo, Miralles et al (2020) señalaron que la diversidad y composición de las comunidades microbianas del suelo en sitios con “costras biológicas” en ambientes semiáridos mediterráneos están controladas principalmente por propiedades químicas que a su vez son modificadas por la biocorteza a lo largo de un gradiente de profundidad; es decir, existen más microorganismos en la parte superficial del suelo que a mayor profundidad.

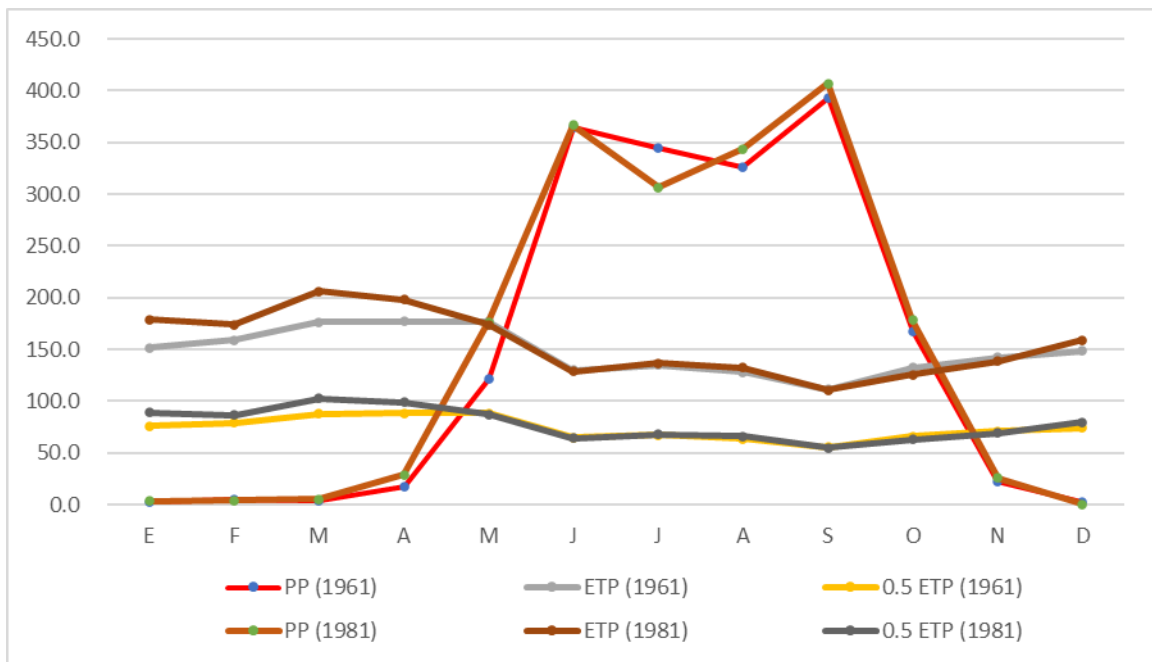
Periodo de Crecimiento regional

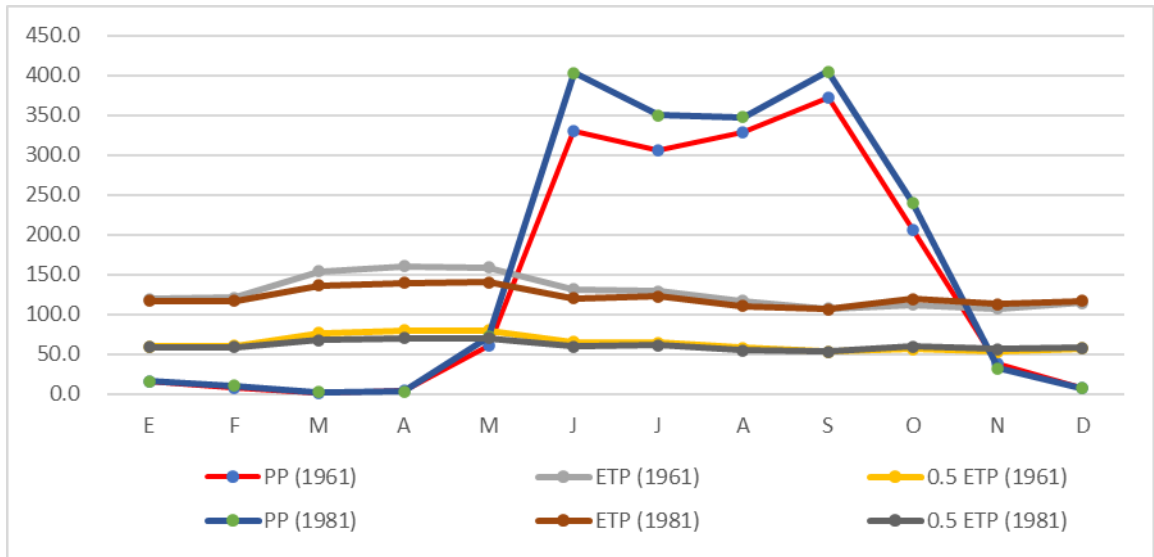
La FAO (1978) utilizó la evapotranspiración potencial (ETP) como valor para definir dicho periodo, el cual se considera como el número de días consecutivos durante el año en los que existe disponibilidad de agua y temperatura favorable. Considerando además que en los lugares templados la producción de cultivos

está limitada por las bajas temperaturas (FAO, 1981), la misma FAO (1997) señaló que algunos lugares son demasiado secos durante el año para permitir el crecimiento de cultivos sin riego, es así como definió el periodo de crecimiento como la época del año en la que las condiciones de humedad y temperaturas son aptas para la producción del cultivo.

Para elaborar el periodo de crecimiento se necesitan los valores mensuales de precipitación (P) y la ETP que es determinada a partir de los datos de evaporación, y posteriormente es analizada la temperatura (T), para este caso no se consideró la temperatura debido a la falta de datos en las estaciones meteorológicas, solo el balance de humedad. La Figura 6 muestra dos diferentes periodos de crecimiento, San Pedro Tapanatepec, Oaxaca y San Luis Acatlán, Guerrero, para la estación meteorológica de Zanatepec no fue elaborado dicho periodo al ser climáticamente parecida a Tapanatepec.

Figura 6. Duración del periodo de crecimiento de dos estaciones meteorológicas del área de estudio, con dos normales climatológicas diferentes.





Fuente, elaboración propia con datos de CNA, 2020

La duración del periodo de crecimiento es estimada por el balance de humedad entre la precipitación (P) y la evapotranspiración potencial (ETP). El concepto del periodo de crecimiento, al integrar las variables de precipitación, temperatura y evapotranspiración potencial permite comprender cómo la variabilidad del clima afecta el crecimiento y la producción de cultivos. La ETP es la máxima cantidad de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno, cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo (Ortiz; 2008).

Al elaborar los periodos de crecimiento con las normales climatológicas extremas en ambas estaciones, no se aprecia un cambio drástico en dicho valor, sin embargo, en Tapanatepec de acuerdo a la normal 1981 el periodo ha sufrido un adelanto alrededor de una semana, lo cual no es demasiado significativo en el campo, la cantidad de precipitación es suficiente para la producción de granos básicos de temporal, el problema radicaría en que dicha cantidad de agua incremente su intensidad o su distribución a lo largo del año; en promedio se tiene un total de 170 días de humedad adecuada, lo cual significa que el ciclo vegetativo de un cultivo anual es completado con esa cantidad de lluvia.

Cambio Climático y Agricultura regional

El actual sistema alimentario del país, aún con todos los avances de la alta tecnología (agroindustrias, OGM's), no ha sido capaz de cumplir con su función principal: alimentar de forma oportuna y en cantidad adecuada a la población, quienes no tienen suficiente qué comer son los campesinos y/o trabajadores rurales, en el otro extremo un grupo de corporaciones agroindustriales con o sin la intervención del Estado controlan y manipulan toda o parte de la cadena.

Se contempló que un incremento de la variabilidad de la precipitación conjugada con temperaturas más cálidas puede conducir a sequías regionales (Izaurre et al., 2011). En México alrededor del 81% de la superficie sembrada con maíz se realiza bajo condiciones de temporal y su siniestralidad es cinco veces mayor que la agricultura de riego (SIAP, 2013), esta situación demostró que el maíz de temporal es más vulnerable a la variabilidad de las condiciones climáticas (Ahumada et al., 2014),

La FAO (2020) en su documento “el estado mundial de la agricultura y la alimentación” mencionó que cerca de la sexta parte de la población mundial habitan en zonas agrícolas, con graves limitaciones de la disponibilidad de agua, con alrededor de un 15% de la población rural en situación de riesgo; esto ocasiona la disminución del crecimiento de la producción agrícola mundial, consecuencia del agotamiento de las mejoras productivas que pudieran conseguirse con la aplicación de los paquetes tecnológicos que se generaron en la época de la revolución verde, la política de modernización agrícola y, la creciente disputa por la tierra entre los tres grandes fines productivos: alimentación humana, ganadera y la generación de biocombustibles.

Buena parte de la política hacia el campo ha estado encaminada a obligar a los campesinos a mecanizarse, buscando la tecnificación a cambio de endeudarse con la iniciativa privada, sin tomar en cuenta que existen productores de bajos recursos y que siembran cultivos anuales como el ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en la región de estudio, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Producción de Ajonjolí como opción productiva para los campesinos de bajos recursos en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca



Fuente. Elaboración propia a partir del trabajo de campo, 2019.

A partir de la década de los ochenta ha crecido la conciencia mundial respecto de los daños ocasionados por la contaminación ambiental, entre ellos la producida por el uso sin medida de maquinaria agrícola, agroquímicos y la utilización de organismos genéticamente modificados en el campo. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGEI) 1990-2015, son seis gases de efectos invernadero (GEI), los cuales se analizaron en el segundo capítulo de este trabajo.

Los GEI se agrupan por sector: (1) energía, (2) procesos industriales, (3) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y (4) residuos. Destacando que la agricultura aporta el 14.9% de la concentración de los GEI a la atmósfera. El INEGEI incluye las emisiones provenientes de las actividades pecuarias y agrícolas que incluyen las emisiones de metano (CH_4) provenientes de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica; emisiones de óxido nitroso (N_2O) provenientes del manejo de los suelos, emisiones de CH_4 y N_2O provenientes de las quemas de residuos agrícolas (SEMARNAT-INECC, 2018).

Otro problema respecto de los escenarios climáticos es que se caracterizan por su incertidumbre, es decir, los modelos de los sistemas, los valores de los

parámetros y las interacciones son desconocidos, y por lo tanto las probabilidades obtenidas pueden no representar con precisión la naturaleza de las incertidumbres enfrentadas (Carter et al., 2007). Por ejemplo, Lobell et al (2008), realizaron proyecciones de adaptación de cultivos al cambio climático, determinando que el maíz y trigo tendrán mayor impacto negativo en el sur de África; cacahuete y sorgo en el sur de Asia y de África. Para el caso de México, también existen importantes esfuerzos de los productores que han buscado cultivos resistentes al impacto de los elementos del clima como la velocidad intensa del viento.

Sin embargo, la mayoría de los modelos climáticos predicen que los daños serán compartidos de forma desproporcionada por los pequeños agricultores, particularmente por los que dependen de los regímenes de lluvia, se predijo que habrá una reducción total del 10% en la producción del maíz (Altieri y Nicholls, 2009).

Opciones de adaptación ante la variabilidad climática en la agricultura regional

El clima es uno de los factores para la producción agrícola, debido al incremento en la concentración de GEI a la atmósfera es inevitable que no se vea alterado. La agricultura es el sector que tendrá mayores impactos negativos ante el cambio climático, afectando la seguridad alimentaria del país. Es posible que algunas regiones intertropicales salgan beneficiadas, pero las grandes áreas agrícolas están siendo perjudicadas.

Para el caso de la producción de maíz bajo condiciones de temporal en la región que nos ocupa, la altitud media es de los 0 y alrededor de los 1,500 m.s.n.m., con climas predominantemente cálido-húmedo, Gómez y Esquivel (2002) mencionaron que las variedades de maíz cultivadas son: Argentino, Celaya, Cónico Norteño, Ancho pozolero, Conejo, Olotillo, Olotón, Bolita y Chalqueño, cuyos requerimientos en unidades calor equivalen entre 2,000 a 2,500, mientras el fotoperiodo es de 11.05 a 13.07 horas, estos valores son los que se están modificando producto de la variabilidad climática regional. La zona es

vulnerable a lluvias intensas e inundaciones (presencia de huracanes y tormentas tropicales), incendios forestales y en menor grado sequías.

Las intervenciones que tratan de promover y facilitar la adaptación al cambio climático deben buscar el tránsito hacia el desarrollo sustentable, la disminución de la pobreza y el manejo de los bienes naturales, dado que la agricultura también es una actividad económica, social y cultura y proporciona una amplia gama de servicios ecosistémicos (Howden et al., 2007). Es de esperarse que los más afectados son los países en vías de desarrollo, si los escenarios climáticos resultan ser relativamente calurosos y secos (mayor temperatura y menor precipitación) causarán mucho más daño en países templados; la magnitud del daño depende en gran medida del escenario climático (Mendelsonh y Schlesinger, 2009).

A manera de ejemplo, en la región se han establecido parcelas de producción de sorgo de grano (*Sorghum spp.*) resistentes a los fuertes vientos, es decir, los campesinos están buscando nuevas variedades de cultivos como opciones de adaptación para la producción de alimentos, como lo muestra la Figura 8.

Figura 8. Producción de sorgo (*Sorghum spp.*) en la región del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, resistente al acame



Fuente, elaboración propia con el trabajo de campo, 2020.

El cambio climático también modifica los rendimientos de los cultivos al disminuirlos, afectando la seguridad alimentaria y las economías locales en Centroamérica, noreste de Brasil y partes de la región andina (Field, et al., 2014); implica uno de los mayores retos para los países en desarrollo que tienen pendiente la reducción de la pobreza (López y Hernández, 2016),

Sin embargo, también es importante comprender que la información existente sobre la vulnerabilidad hacia los pequeños agricultores referido al cambio climático en Centroamérica y México es incompleto y probablemente insuficiente para guiar acciones de adaptación efectivas y eficientes (Donatti, et al., 2019).

Fenómenos Meteorológicos e impactos en la agricultura regional

En cuanto a impactos, no todo es negativo ya que cuando existe variación climática con un incremento en la concentración del dióxido de carbono se elevaría la tasa fotosintética de las plantas C3, como trigo, arroz, papa, frijol y por consiguiente incrementaría el rendimiento, debido a que la enzima Rubisco que fija el CO₂ en esos cultivos al aumentar la concentración, incrementará la velocidad de carboxylación (fijación de CO₂) y la fotosíntesis neta (Long et al., 2004).

La agricultura de temporal depende de la época de lluvias en cuanto a cantidad y distribución, además de la cantidad de eventos extremos climáticos como huracanes, sequías, inundaciones que son los que impactan en la región del Pacífico Sur Mexicano. En la región de estudio la producción es variada, una gran proporción de las tierras agrícolas está destinada a la producción de granos básico: maíz de grano, ajonjolí, sorgo, frijol, además de cultivos tropicales como mango, papaya, sandía, melón y hortalizas. Sin dejar de lado la ganadería y la poca actividad forestal.

La presión por la producción de alimentos es cada vez mayor y existe un debate por el uso del recurso agua: para fines domésticos, industriales, pecuarios, agrícolas, lo que nos enfrenta como sociedad a que cada vez sea mayor la

incidencia de la sequía socioeconómica, con pérdidas económicas crecientes. México, por su ubicación geográfica es altamente vulnerable a la falta de agua pluvial, principalmente en los estados del norte, obligado a los agricultores a aplicar diferentes estrategias para mitigar sus efectos.

La relación entre la falta de agua en México, los fuertes eventos de el Niño y sus impactos en la producción de maíz han sido muy estudiados y reportados (Conde, et al., 2006). En esta situación de la problemática ambiental, la política nacional relacionada con los problemas de inseguridad alimentaria cambió desde los años noventa para garantizar la capacidad de las personas de adquirir viveros, en lugar de buscar una agricultura que pudiera producir la mayor parte de los alimentos (Conde, et al., 2006).

Ante la situación de sequía en el país, los pequeños productores que no tienen agua para riego han seguido diferentes estrategias que incluyen modificar la fecha de siembra, cambiar a variedades más resistentes como sorgo y ajonjolí en la región de estudio, aplicar materia orgánica, asociación e imbricación de cultivos, sistemas agrosilvopastoriles, incorporación de residuos de la cosecha anterior entre otras.

Los escenarios de cambio climático han permitido determinar impactos y proyecciones en el sector agrícola, los cuales se han elaborado al modificar los patrones de precipitación y de temperatura del aire. Por ejemplo, en Tlaxcala analizaron el impacto del fenómeno del Niño en la producción de maíz de temporal con diferentes modelos climáticos para obtener las variaciones de temperatura, precipitación, radiación solar, además de los posibles efectos biofísicos en el maíz temporal. De acuerdo con sus resultados mostraron la vulnerabilidad del Maíz²⁴ a un posible escenario del fenómeno el Niño, lo que implicaría que la agricultura de temporal se afrontaría a grandes pérdidas (Conde et al., 2006).

Los pequeños agricultores tradicionales practican la agricultura que proporcionan resiliencia notable en los agroecosistemas ante los continuos cambios económicos y ambientales, además de contribuir sustancialmente a la

seguridad alimentaria (Altieri y Nicholls, 2008). Cabe señalar que cerca de 36 millones de pobladores viven en municipios costeros propicios a sufrir las consecuencias de ciclones tropicales y uno de cada tres mexicanos reside en zonas sujetas a inundaciones en estos lugares; por otro lado, poco más de 11 millones se encontraban en zonas de sequía extrema en regiones desérticas y semidesérticas del país (Greenpeace, 2010).

México cuenta con una creciente importación de alimentos debido a diferentes cuestiones, incremento constante de la población, poca área de irrigación, poca superficie eminentemente agrícola, cambio climático, entre otras, volviendo la agricultura cada vez más inestable, así se tiene que, de acuerdo con la FAO, México compra del extranjero 43% de los comestibles. Por tanto, existe una dependencia de las importaciones para satisfacer la demanda interna de los principales granos, oleaginosas y forrajes, esto ha crecido en los recientes 20 años. Para 2014, 79% del arroz, 50% del trigo y 22% del maíz consumido en México provino del exterior (Gómez y Xantomila, 2018).

El Instituto Internacional de Investigación del Arroz en México reportó que, en el caso del maíz, cuando existen temperaturas mayores de 36 °C se presenta reducción en la viabilidad del polen (Salazar y Flores, 2010). Respecto del arroz según (Peng et al, 2004) señalaron que durante la floración el aumento de un grado centígrado en la temperatura entre 30 y 40°C, reduce la fertilidad y la formación de grano en 10%. El cambio climático también ocasionará la reducción de las interacciones ecológicas del tipo mutualista entre las plantas y los polinizadores naturales, debido a la disminución de la cantidad de flores (Memmott et al, 2007).

Incertidumbres climáticas en la agricultura de México

En el estado de Tlaxcala en una investigación con cuatro razas de maíces y modelos climáticos (Hernández et al., 2008) encontraron que la raza de maíz Chalqueño será la más afectada, debido a que perderá una parte importante de áreas con condiciones ambientales adecuadas para su permanencia, es decir,

se reducirán las áreas en las que podrá ser cultivado; para las razas cónico se reducirá del 8 y 11% de la superficie respecto a su distribución actual.

Otros trabajos mostraron que el incremento de la temperatura ambiental provocará una reducción de las demandas hídricas acumuladas por acortamiento del ciclo fenológico de los cultivos del ciclo otoño-invierno, y en menor grado para los cultivos del ciclo primavera-verano. Sin embargo, en los cultivos perennes se presentó un efecto opuesto, las demandas hídricas incrementaron (Ojeda et al., 2011).

Por otro lado, en México se tiene la creciente expansión de cultivos de tipo agroindustrial para la producción de biocombustibles (caña, jatrofa, maíz, entre otros). Esto ejerce diferentes presiones sobre los ecosistemas naturales cada vez más degradados, socavando así la capacidad de regeneración de los agroecosistemas para suplir las demandas de la humanidad en cuanto a alimentos. El uso de enormes cantidades de productos de síntesis química como los fertilizantes, plaguicidas, además de la expansión de la industria de la carne (bovinos de engorda, ovinos, cerdos, principalmente), está favoreciendo la destrucción de grandes cantidades de bosques, de esta forma, existe la contribución del actual sistema alimentario a la crisis climática mundial.

El desafío está en propiciar un cambio significativo hacia un sistema agroalimentario sustentable, especialmente en aquellos países en vías de desarrollo, los cuales sufren el impacto de toda la presión del capitalismo y los efectos de la inseguridad alimentaria mundial; también se debe fomentar las actividades relacionadas con la elaboración de artesanías, turismo, es decir, diversificar el ingreso a nivel local.

Son millones de personas que aumentan día con día, las cuales demandan nutrición en cantidad y calidad, según las estimaciones de los organismos internacionales se requerirá aumentar la producción de alimentos al menos 50%; añadiendo la circunstancia de que los consumidores están cada vez más concientizados, del vínculo entre alimentación y salud. Entonces, las exigencias de cantidad y calidad son un binomio inseparable actualmente. Es decir, existe

una nueva demanda social, que busca el cuidado del ambiente y contar con alimentos sanos, además de buena calidad, se busca satisfacer al cliente, pero sin olvidar a los pequeños campesinos, que son los primeros en la cadena productiva.

Para la satisfacción de la alimentación en el país se debe de transitar la diversificación agrícola, como una norma, además del buen uso en el manejo del suelo y agua, el sector agropecuario debe de jugar un papel importante en la mitigación y la lucha contra el cambio climático; las unidades de producción rural han dejado de ser las únicas responsables de la nutrición humana, integrándose en una compleja cadena de producción y distribución de alimentos

CAPITULO VI

ECOINTENSIFICACIÓN COMO ALTERNATIVA TECNOLÓGICA A LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Introducción

En México la producción, distribución y acceso a la alimentación en zonas de minifundio es un tema de orden social, económico y recientemente un problema ambiental, debido a los efectos negativos del cambio climático en la agricultura. En este contexto se plantea la siguiente investigación, que tiene como objetivos analizar la ecointensificación agrícola como alternativa agroecológica para contribuir a la producción de alimentos y reducir la dependencia alimenticia en la pequeña agricultura y analizar parte de la legislación ambiental referente al cambio climático y sus efectos en la agricultura campesina en México.

El Estado ha reducido el presupuesto hacia el campo, se tiene poca investigación que pueda aterrizar en el campo y en los pequeños productores (Amaro y Gortari, 2016); existe escasa innovación tecnológica, falta de asistencia y capacitación en cuestiones agroecológicas (Trigo y Elverdin, 2019). Lo anterior ha propiciado el abandono paulatino del campo, debido a la poca capacidad para producir y para cubrir la demanda de víveres, lo cual coloca al país en franca vulnerabilidad, por ejemplo, en el año 2018 México compró el 43% de los alimentos y fue el segundo país importador per cápita después de Japón (Gómez y Xantomila, 2018), es decir, año con años aumentan las importaciones agropecuarias.

Por otro lado, la agricultura tradicional de bajos recursos se caracteriza por aprovechar de mejor manera los recursos locales, producen generalmente para autoconsumo y es de baja entropía (Hernández y Aguirre, 1998), además que del 60 al 70% de alimentos se producen con pequeños campesinos (Ribeiro, 2013). En México existen 9,920,173 ha de pequeña agricultura, lo cual equivale al 8.8% de la superficie productiva total nacional (Ramírez, Sánchez y Montes, 2015) en esta área es donde se producen los alimentos básicos de las Unidades de Producción Rural (UPR).

El planteamiento de esta propuesta se inserta en el paradigma de la sustentabilidad, lo que exige considerar la capacidad del sistema agrícola de proveer y cubrir las necesidades humanas, preservar y restaurar el ambiente y los recursos naturales empleados bajo un enfoque económicamente viable y factible, sobre todo con aceptación sociocomunitaria, dirigida principalmente hacia los pequeños productores y minifundistas (estos son el 85% del total de las UPR del país).

Es en este contexto que se propone la ecointensificación agrícola como alternativa agroecológica para la atención de los pequeños productores y minifundistas, que están agrupados en UPR, a los cuales el Estado les ha ofrecido pocas opciones productivas; la tecnología señalada está basada en el uso de microorganismos, abonos orgánicos y aminoácidos eficientes para la fertilización y el control de plagas y enfermedades, para evitar el uso de agroquímicos.

Metodología

La investigación se desarrolló con cultivos anuales de temporal y en frutales perennes, con diferentes ciclos agrícolas, en parcelas establecidas en tres municipios de la región del Istmo de Tehuantepec: San Pedro Tapanatepec, Zanatepec y Chahuities, en terrenos de campesinos situados en la sierra Norte de Oaxaca y en una parcela de cultivo de naranja en Veracruz.

En dichos lugares se identificaron los productores bajo el enfoque de cooperantes que quisieran impulsar la implementación de estrategias de innovación tecnológica de ecointensificación agrícola. El marco teórico conceptual fue elaborado desde la perspectiva de experiencias en el uso de los componentes de la ecointensificación, además de realizar la revisión documental y análisis de la experiencia de la promoción de microorganismos eficientes y aminoácidos en la construcción de alternativas tecnológicas tanto para pequeños productores en explotaciones comerciales como para campesinos parcelarios.

Para relacionar los dos conceptos fundamentales de esta investigación (autosuficiencia alimentaria y cambio climático) se trabajó bajo el enfoque de investigación mixta, dado que implica una serie de procesos de recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, para medir y analizar el rendimiento del cultivo en toneladas por hectárea, partiendo del conocimiento de los productores y promoviendo espacios de intercambio de conocimiento y diálogo de saberes (Rodríguez y Ramírez, 2015).

Para complementar el trabajo de campo se aplicó la investigación que “basan sus estudios en la etnografía descriptiva y analítica a partir de la conformación de grupos focales e identificación de informantes clave” (Guevara, 2017). En las parcelas de los productores cooperantes fueron implementados talleres participativos.

Principales características de la pequeña agricultura en México

En el país a pesar de sus condiciones de subsistencia, en ocasiones de infrasubsistencia y a pesar de la falta de apoyos por parte del Estado, la agricultura campesina tiene una enorme importancia desde el punto de vista social y económico; en este sentido Robles (2016) señaló que este tipo de agricultura representó el 39% de la producción agropecuaria nacional, siete de cada diez productores de maíz y seis de cada diez de frijol tienen menos de 5 ha por lo tanto estamos hablando de minifundistas; es decir, la producción agrícola es un componente vital en la vida de este tipo de hogares, debido a sus condiciones de pobreza e inseguridad alimentaria, los cuales está aumentando considerablemente

En el sector rural, es necesario ofrecer alternativas de solución ante dos grandes problemas concernientes al tema de investigación: (a) autosuficiencia alimentaria y (b) cambio climático, ante ello la innovación tecnológica se vuelve fundamental, procurando el diálogo de saberes tradicionales y, sin dejar de lado el conocimiento o método científico. Como lo señalaron Cruz y Ruíz (2020) el Estado no tiene propuestas de desarrollo para los campesinos, los recursos

económicos que emanan de la política pública hacia el campo son dirigidos para que este tipo de productores se ajusten al modelo de la revolución verde.

La pequeña agricultura se enfrenta a otros problemas como lo señaló Reyes (2017), la autosuficiencia, soberanía y seguridad alimentarias en México está amenazada por: el cambio climático, crecimiento demográfico, pérdida constante de suelo fértil, variación en los precios de insumos agrícolas como semillas principalmente, es por lo que se analiza la cuestión de la legislación concerniente al tema ambiental.

Legislación del cambio climático en México

Para atender lo concerniente a la problemática ambiental, es necesario resaltar que existe demanda de información en los diferentes sectores de la sociedad en lo referente al clima (Landa, Magaña y Neri, 2008). En el país es necesario contar con un sistema de observación, medición y vigilancia climatológica para la generación y el acopio constante de información meteorológica a través de la red de estaciones de medición, observación en tiempo real y estadística al menos a nivel municipal, siguiendo los criterios de la norma oficial mexicana NMX-AA-166/1-SCFI-2013 respecto de las estaciones meteorológicas, climatológicas e Hidrológicas (DOF, 2013).

La generación de información a nivel municipal servirá para elaborar escenarios climáticos, con datos reales, que permitan entender y prevenir los fenómenos atmosféricos en la superficie terrestre que se manifiestan como variación de la temperatura causando cambios significativos en el clima (Uribe, 2015) y en los diferentes sistemas ecológicos naturales y agroecosistemas. Tales datos servirán para las proyecciones de modelos climáticos locales y que permitan escenarios confiables, dado que los modelos actuales son globales y poco precisos (INECC-IMTA, 2014).

Respecto a la legislación climática, México forma parte de los acuerdos de París, para cumplir con los objetivos de la agenda 2030. Sin embargo, no es suficiente contar con la Ley General de Cambio Climático (LGCC), el reto es su aplicación a nivel estatal y municipal, de preferencia a nivel de comunidades

promoviendo innovación, investigación y desarrollo tecnológico, buscando acciones en materia de mitigación y adaptación al cambio climático, es por lo que se proponen la eointensificación agrícola como alternativa para la mayoría de los productores.

Dicha propuesta tiene su fundamento teórico en la etnoagronomía, entendida como la aplicación de tecnología agrícola para manejar los recursos naturales de los pueblos y obtener sus satisfactores (Cruz et al., 2015a), la cual se utiliza como eje fundamental en el planteamiento de estrategias de desarrollo comunitario o también llamado etnodesarrollo (Cruz et al., 2015b); es decir, esta tecnología es una alternativa ante la agricultura convencional.

Alternativa agroecológica para los pequeños productores

La agroecología es una opción de manejo en el desarrollo agrícola del país, con objetivos relacionados a la sustentabilidad ecológica, social y económica; busca de manera directa contribuir en la soberanía y autosuficiencia alimentaria local, aborda la conservación de los recursos biológicos, sin dejar de lado el objetivo que es de mayor producción tanto en calidad como en cantidad de alimentos (Sevilla, 2006). La agroecología busca la atención de los campesinos de bajos recursos, sin menos cabo de las plantaciones comerciales.

El manejo agroecológico en su conjunto busca promover diferentes tecnologías de producción, sin la aplicación de productos de síntesis química y sin el uso excesivo de maquinaria agrícola, busca minimizar los impactos negativos en el ambiente; en este sentido Altieri y Koohafkan (2008) mencionaron que los pequeños campesinos que utilizan métodos agroecológicos han podido afrontar el cambio climático, minimizando pérdidas de cosechas haciendo uso de prácticas agroecológicas como uso de variedades tolerantes a sequía, cosecha y almacenamiento de agua, diversidad de cultivos, entre otras.

Ante la constante demanda de alimentos se requiere aumentar la productividad agrícola realizando un uso eficiente, rentable y racional de los suelos agrícolas (Schweitzer, 2010). Entonces, esta tecnología coadyuva a la solución de los problemas ambientales que han causado la aplicación de agroquímicos, como

lo señaló Christophersen (2017) se necesita un nuevo paradigma de crecimiento ecológico de la agricultura inclusiva.

Ecointensificación agrícola para la producción de alimentos

La ecointensificación considera incrementar la fertilidad del suelo, aumentar la nutrición del cultivo vía foliar y a través de sus raíces y, hacer uso de microorganismos como hongos entomopatógenos, sin hacer uso de agroquímicos. Se retoma este planteamiento debido a la necesidad de un modelo que valore, dignifique el trabajo agrícola, que genere empleos atractivos para tratar de retener a la juventud en el campo y, que reduzca los impactos ambientales y globales (Tittonell, 2013).

El concepto de ecointensificación agrícola

La intensificación ecológica o ecointensificación de la agricultura se puede definir como un conjunto de principios técnicos para lograr aumentar y sostener la producción agrícola y los servicios ecosistémicos, a través de un uso intensivo de las funciones de los agroecosistemas y no menos importante, de los conocimientos y habilidades de las comunidades (Tittonell, 2014).

Es una técnica y/o alternativa con un enfoque holístico del manejo de los recursos naturales, ha hecho importantes aportes al aumento de la productividad agrícola y ha demostrado ser un componente importante de las estrategias de mitigación del cambio climático (González et al., 2014), busca maximizar la producción agrícola. Su aplicación permite el uso más eficiente y eficaz de los productos y procesos biológicos para lograr metas específicas para la sociedad (Henry, Pahun y Trigo, 2014); se relaciona con prácticas agronómicas que buscan mejorar el desempeño ambiental de las actividades agrícolas sin sacrificar los niveles existentes de producción/ productividad (González et al., 2014) ni dañar el ecosistema natural.

Algunas de las estrategias específicas de ecointensificación incluye a la agricultura de precisión, el manejo integrado de plagas y el manejo de nutrientes (González et al., 2014). Es un modelo de prácticas agronómicas

específicas que promueven la conservación del ambiente y optimizan las actividades agrícolas, sin sacrificar sus niveles de producción (Malavé y Maza, 2015). Este proceso contempla tres grandes sectores, módulos o apartados, los cuales se pueden aplicar de forma independiente una de otra, sin embargo, lo más recomendable es hacer el manejo o la aplicación en su conjunto: (a) remineralización de suelo, (b) nutrición del cultivo y (c) control de plagas y enfermedades.

Fundamento técnico de la ecointensificación

Para definir el diseño del plan de cultivo (anual o frutal) y los insumos a utilizar en la aplicación de esta técnica, el principio básico lo rige el diagnóstico de la fertilidad física, química y biológica del suelo. En ese análisis se rescata el conocimiento o saber campesino combinado con las aportaciones de la sociedad del conocimiento conocido como científico; la ecointensificación comprende la interacción del ambiente con el sistema de producción del cultivo.

Con esta tecnología se reconoce que las plantas cultivadas consumen energía solar, dióxido de carbono y agua para producir biomasa (alimentos), además de nutrientes, es decir, la aplicación de la primera y segunda ley de la termodinámica (Bergson, 2007) y, cuando alguno es insuficiente para satisfacer las demandas de un cultivo, el nivel de producción está limitado por la riqueza nutrimental (Durán, 2016).

En la producción de alimentos bajo el enfoque sistémico, se señala que la calidad del suelo está íntimamente ligada a la biodiversidad aérea y subterránea (Sánchez et al., 2012). Esto debido a que la estructura del suelo es el resultado de la interacción del material parental, con la materia orgánica, en un determinado tiempo y relieve junto con la acción del clima. En este sentido, Patiño (2010) mostró evidencias del efecto de los microorganismos en procesos de degradación de materiales minerales estables, de ahí la importancia de la remineralización del suelo.

La agroecología busca la atención de los campesinos de bajos recursos sin dejar de las plantaciones comerciales. En la actualidad, para un buen manejo

de fertilidad del suelo como parte del manejo agroecológico, los análisis de laboratorio de suelos son importantes para conocer los índices de disponibilidad y no las cantidades exactas que estén disponibles de cada nutriente (Etchevers, 1999). El diagnóstico nutrimental comprende tres etapas básicas: (1) muestreo y análisis del suelo; (2) diagnóstico de la fertilidad del suelo y (3) diseño del plan de fertilización.

El análisis de suelo completo requiere el uso de espectrometría de masas (Petrovic et al., 2005, Sarmah et al., 2006) dado que es una técnica sensible y específica (Kowalski et al., 2003), ha sido la más empleada por exactitud y porque permite la separación e identificación de mezclas complejas (Talero, Medina y Roza, 2014). Además de aplicar la espectrometría acoplada, la cual es una técnica para determinar trazas de elementos, es una técnica sólida y ampliamente usada con la finalidad de realizar análisis en la agricultura (Jiménez et al., 2020).

Manejo de la remineralización de suelos para la resiliencia climática

El fundamento básico de dicha propuesta agroecológica contempla la incorporación de materia orgánica, pudiendo ser en forma de composta o lombricomposta. No se recomienda el uso de estiércol fresco debido a que puede portar plagas o enfermedades para los cultivos, inclusive puede llegar a salinizar el suelo, tampoco estiércol seco dado que es muy difícil volverlo a hidratar, además de perderse fácilmente por la acción del viento, lo que se busca es mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo. Los minerales aluminosilicatos tienen estructura que forma cavidades ocupadas por iones y moléculas de agua, compuesta por aluminio, silicato, sodio, hidrogeno (Niño, 2011), por lo que se recomienda su aplicación.

El manejo de la fertilidad del suelo atiende la nutrición del cultivo, se elabora un balance nutrimental para el sistema agrícola de interés e identifica la causa de la limitación nutrimental para acudir a la remineralización del suelo. En el manejo agroecológico Altieri y Toledo (2011) señalaron que la búsqueda para desarrollar agroecosistemas con una mínima dependencia de agroquímicos,

además de promover la diversificación agrícola para desarrollar interacciones biológicas benéficas entre sus componentes se vuelve necesaria cada vez más.

En la resiliencia de los sistemas agrícolas, la materia orgánica juega un papel fundamental, al mejorar la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, por lo tanto, se resisten más las sequías y potencializa el crecimiento de los cultivos (Nicholls, 2013). En este contexto la FAO (2017) señaló que un suelo fértil debe de contar con un adecuado contenido de materia orgánica, el cual oscila entre 2% para suelos arenosos y un 6% para suelos húmicos.

Mezcla mineral como opción de resiliencia climática

Como alternativa en la agricultura al uso de productos de síntesis química para satisfacer las necesidades de nutrición y fertilidad de los cultivos (anuales y perennes) se han utilizado zeolitas, dolomitas y tierras raras, principalmente.

Zeolitas. Se encuentran normalmente en rocas sedimentarias (tobas) en forma de pequeños cristales asociados con arcillas y otras fases de similar densidad (López et al., 2010). Las zeolitas comprenden un grupo de aluminosilicatos cristalinos, no actúan como si fueran fertilizantes, permiten incrementar la eficiencia de estos y contribuyen a la disponibilidad controlada de los cationes que los cultivos necesitan (Costafreda, 2014).

Las zeolitas se han ampliado a varios cultivos, debido a que los fertilizantes mejoran significativamente su eficiencia, reducen la fórmula aplicada, permiten desarrollar una agricultura ecológica al incrementar valores de Ca^{2+} , P_2O_5 , K_2O y CIC en el suelo permitiendo la recuperación gradual de la fertilidad del suelo (Febles, Borsatto y Soca, 2015). Entonces, la aplicación de zeolitas mejora las propiedades químicas del suelo, especialmente la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en la zona de las raíces y disminuye las aplicaciones de fertilizantes (Soca y Daza, 2016).

Dolomita. El uso de cal dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] en la agricultura con principios ecológicos cada vez retoma mayor importancia, tiene la función principal de corregir o modificar el pH en los suelos ácidos, aumenta la eficiencia de los

fertilizantes, mejora la actividad microbiana en el suelo; respecto de la nutrición, facilita la transformación del fósforo y azufre orgánicos a formas asimilables (Fassbender y Bornemisza, 1994), la dolomita reacciona lentamente con respecto a la calcita, la diferencia es que aporta Mg^{+2} (Espinosa y Molina, 1999).

Algunos autores como Ortiz (2008) señalaron que la aplicación de dolomita incrementó el pH y disminuyó la acidez del suelo, mejoró el contenido de calcio, magnesio, zinc, cobre, una disminución del hierro y manganeso a nivel del suelo. En el manejo de la acidez del suelo se han utilizado diferentes técnicas de encalado, lo cual es fundamental para la absorción de los nutrientes, por ello se aplican enmiendas con calcita, dolomita e incluso cal viva. Las rocas calizas se muelen y son separadas en diferentes tamices para ser mezcladas; la dolomita contiene alrededor de 21.6% de Ca^{+2} y 13,1% de Mg^{+2} (Mainero, 2016), esa concentración favorece su uso en la agricultura.

Roca fosfórica. Pueden contener carbonato-apatita y contienen ligeramente más de 42% de P_2O_5 , los minerales de arcilla localizados en las rocas fosfóricas son: illita, caolinita, esmectitas. Las zeolitas se encuentran ocasionalmente en las rocas fosfóricas (Zapata y Roy, 2007); sin embargo, el principal mineral de las rocas fosfóricas es la apatita.

Chien, Prochnow y Mikkelsen (s/f) señalaron que la eficiencia agronómica de la roca fosfórica se reduce considerablemente en pH del suelo mayor a 5.5, de ahí la importancia de realizar la mezcla mineral con dolomitas para corregir esos valores. La liberación del fósforo es importante en la fertilidad del suelo y nutrición de los cultivos, por ello, debe reducirse la adsorción de fósforo en los suelos con materiales solubilizadores.

De acuerdo con el IPNI (s/f), cuando la roca fosfórica se añade al suelo es disuelta lentamente para liberar gradualmente los nutrientes, la velocidad de disolución puede ayudar a sostener el crecimiento del cultivo, entonces, para asegurar su efectividad se deben de mezclar con hongos micorrízicos y, ayudar en la solubilización del fósforo. La mezcla mineral recomendada para la

producción de granos básicos en la agricultura de temporal es a razón de 10 a 15 kg/m² compuesta por: zeolita, roca fosfórica, leonardita, lizardita, carbonato de calcio, cal dolomita, cal agrícola (Noriega et al., 2014).

Fertilización foliar orgánica como opción de adaptación climática

Aminoácidos. No todos son iguales y dependen de su configuración para adaptarse a la posible acción que desempeñan dentro de los cultivos, tienen múltiples funciones como bioestimulantes en el crecimiento de las plantas (Calvo et al., 2014; Halpern et al., 2015). Los efectos indirectos sobre la nutrición y el crecimiento de las plantas son importantes cuando se aplican proteínas hidrolizadas en los cultivos y al suelo, también aumentan la biomasa y actividad microbiana del suelo (Du Jardin, 2015).

Son moléculas con un grupo amino (NH₂) y un grupo carboxilo (COOH) en su estructura, son consideradas como las unidades fundamentales para la formación de proteínas vegetales y como bioestimulantes (Pozo, 2017). Se sabe que algunos aminoácidos cumplen funciones específicas como es el caso del triptófano, ácido indolacético, arginina o la metionina, debido al rol en los procesos metabólicos (INTAGRI, 2018).

Quelatos. El uso de aminoácidos y agentes quelatantes en la agricultura tanto orgánica como convencional es común actualmente, de forma particular en las aplicaciones foliares. Los quelatos son compuestos en donde una molécula orgánica rodea y enlaza a varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege para evitar su hidrólisis y su precipitación, son moléculas muy estables (Cadahía, 2005), por ello, cuando son aplicados vía foliar se incrementa el rendimiento, dado que los micronutrientes están más disponibles para ser asimilados.

Algunos quelatos que se ocupan en la elaboración del fertilizante foliar son: ácido cítrico (C₆H₈O₇) y ácido glucónico (C₆H₁₂O₇), además de ácidos húmicos y fúlvicos de lombricomposta; su eficacia radica en la estabilidad de solución e interacción con componentes del suelo, son capaces de mantener Fe y Zn en solución (Lucena, 2006); sin embargo, como lo señaló Lucena (2009), la

eficacia de los quelatos va a depender de su reactividad en el medio en que se apliquen y de la capacidad de la planta en tomar el elemento aportado.

Uso de microorganismos como opción para el control de plagas y enfermedades de los cultivos.

La aplicación de hongos y bacterias para el control de plagas y enfermedades de los cultivos es una estrategia que se ha empleado desde hace varios años, sólo que está cobrando mayor importancia debido a los beneficios a la economía de los campesinos, al cuidado y protección del ambiente, además de considerar la salud tanto del que los aplica como del consumidor final.

Cuando existen problemas en la agricultura por la aparición de plagas, se puede hacer uso del control biológico; es decir, liberar enemigos naturales como depredadores, parasitoides (*Trichogramma*), patógenos (*Beauveria bassiana*) y bacterias (*Bacillus thuringiensis*) (Pérez, 2004). El hongo *B. bassiana* infecta a más de 200 especies de insectos de diferentes órdenes, entre las que destacan plagas de importancia económica como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano barrenador (*Diatrea magnifactella*), broca del café (*Hypothenemus hampei*) (Pacheco, Reséndiz y Arriola, 2020).

Uso de Bacterias en la Agricultura Las bacterias promotoras de crecimiento en los cultivos son microorganismos que contribuyen al desarrollo y a la productividad de manera directa o indirecta, los géneros que se aplican más en la agricultura son: *Rhizobium*, *Pseudomonas*, y *Azospirillum*, *Actinoplanes*, *Agrobacterium*, *Azobacter*. Algunos de ellos contribuyen a la fijación de nitrógeno que está contenido en la atmósfera, también ayudan a solubilizar minerales (Boonjajawat et al., 1991) y, pueden ser de vida libre o asociativas, aerobias, anaerobias o anaerobias facultativas (Rodríguez, 1995).

En la Universidad Autónoma Chapingo, en el módulo de lombricultura se cuenta con la acreditación CERTIMEX para a formulación de mezclas órgano-mineral y foliares autorizado para la aplicación en la agricultura orgánica certificada, además de la reproducción de microorganismos eficientes en la agricultura

como una estrategia para restaurar el recurso suelo e incrementar la productividad (Noriega et al., 2014).

Resultados de la aplicación de ecointensificación agrícola

A finales del año 2019 con productores cooperantes de tres municipios de la región del Istmo de Tehuantepec: San Pedro Tapanatepec, Zanatepec y Chahuities, se realizó el taller de capacitación para la aplicación de la tecnología agroecológica en el cultivo de mango Ataúlfo (*Mangifera caesia* Jack ex Wall). Al término del ciclo agrícola hubo un incremento en el rendimiento del 20% es decir, se pasó de 9.5 a 12.3 t ha⁻¹ bajo condiciones de temporal, lo rescatable de esta experiencia es saber que esta propuesta puede aplicarse en grandes extensiones y en frutales comerciales, donde su exigencia nutrimental es mayor que en los cultivos básicos.

Durante el ciclo agrícola otoño invierno de 2019 en parcelas de maíz blanco (*Zea Mays*) en monocultivo localizadas en la Sierra Norte de Oaxaca con productores cooperantes se aplicó la ecointensificación agrícola. Dicha tecnología arrojó un incremento de 30%, es decir, el rendimiento del maíz se incrementó de 1.2 a 1.7 t ha⁻¹ bajo condiciones de temporal. Usando en la fertilización foliar insumos permitidos de la norma de la agricultura orgánica en su formulación concentrada en ppm: Mg 4500, Fe 700, Cu 500, Zn 400, B 300, Mn 300, Mo 50, Si 50, Se 50 y Ni 10.

Otro trabajo que se evaluó bajo esta tecnología en Veracruz en la región citrícola fue el de Gómez et al (2018), en donde determinaron que el rendimiento de naranja (*Citrus aurantium*) aumentó de 25 a 47 t ha⁻¹ en un periodo de cuatro años y, los costos de producción disminuyeron, exceptuando el deshierbe, concluyendo que es una alternativa de producción a la agricultura convencional, dado que también conserva el medio ambiente, por lo que es necesario promover su adopción.

Otra parte para considerar en el manejo agroecológico es la cuestión económica. El costo en moneda nacional de la tonelada de lombricomposta en promedio en el Valle de México es de \$1,500.00, mientras que la tonelada de

mezcla de fertilizante químico es de \$3,500.00, es decir, no hay comparación en la parte económica; a manera de ejemplo, una tonelada del fertilizante químico urea en el mercado regional es de \$6,800.00 (sin considerar el alza del dólar).

Conclusiones

Ante el problema del hambre, es necesario impulsar un conjunto de medidas y de políticas que permitan buscar un equilibrio en el desarrollo; abatir el hambre y la desnutrición mediante nuevas estrategias productivas y tecnológicas que permitan a la pequeña agricultura recuperar su autosuficiencia alimenticia, una de ellas es la ecointensificación agrícola.

Al aplicar la ecointensificación agrícola en diferentes cultivos se obtuvo lo siguiente: mango Ataúlfo (*Mangifera caesia* Jack ex Wall) al término del ciclo agrícola hubo un incremento en el rendimiento del 20%; maíz blanco (*Zea Mays*) en monocultivo la tecnología propuesta arrojó un incremento del 30% en el rendimiento y en naranja (*Citrus aurantium*) aumentó de 25 a 47 t ha⁻¹ en un periodo de cuatro años. Lo que convierte a la ecointensificación en una propuesta viable.

La adopción de técnicas agroecológicas como la ecointensificación es una alternativa de desarrollo rural sustentable para las comunidades campesinas de México, dado que incorpora el conocimiento tradicional del campesino, busca el bienestar de las familias rurales, es capaz de incrementar la producción de cultivos y conserva los recursos naturales.

La utilización de la ecointensificación en lugar de fertilizantes químicos tiene su sustento en que el poder adquisitivo de los pequeños productores es cada vez menor, por lo tanto, se tienen que buscar alternativas para el minifundio, desarrollando mezclas denominadas órgano-minerales para la producción de alimentos.

Las ecointensificación es una estrategia que busca aumentar la producción en el sector rural, de esta forma, contribuir al sistema alimentario del país para que sea más saludable y sustentable, lo que conducirá a la mitigación de los efectos

negativos del cambio climático, al reducir la aplicación de agroquímicos. Es viable proponer propuestas de desarrollo para las localidades campesinas que representan la realidad rural y que buscan su reproducción social.

La agricultura del país se encuentra amenazada por las diferentes anomalías atmosféricas, impactando de forma negativa en la merma de la producción de granos básicos, principalmente los que dependen del régimen de temporal. Por lo que es importante la legislación ambiental en México, para poder proponer alternativas de solución.

En México es necesario seguir desarrollando estrategias que coordinen el conjunto de acciones y de políticas públicas orientadas a la mitigación y adaptación del cambio climático. No es suficiente con la publicación de la LGCC, es necesario desarrollar acciones locales para la planeación y regulación ambiental debido a las evidencias del deterioro ambiental, como la escasez de agua para consumo humano y para la producción de alimentos.

Literatura consultada

- Altieri, M. A. & Koohafkan P. (2008). Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities. *Environment and Development Series 6*, Malaysia, Third World Network. Consultado en http://sa.indiaenvironmentportal.org.in/files/Enduring_Farms.pdf
- Altieri, M. A. & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America. *Journal of Peasant Studies* 38: 587-612.
- Amaro, R. M. & Gortari, R. R. (2016). Políticas de transferencia tecnológica e innovación en el sector agrícola mexicano. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(3), 449-471.
- Bergson, H. (2007). *La evolución creadora*. Buenos Aires. Cactus.
- Boonjawat, J. P., Chaisiri, J., Limpananont, S., Soontaros, P., Pongsawasdi, S., Chaopongpang, S., Pornpattkul, B., Wongwaitayakul, & L. Sangduan. (1991). *Biology of nitrogen-fixing rhizobacteria*. *Plant Soil* 137, 119-125
- Cadahía, L. C. (2005). *Fertirrigación; cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. 3ra ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, p. 183-257
- Calvo, P., Nelson, L. & Kloepper, J. W. (2014). *Agricultural uses of plant biostimulants*. *Plant Soil* 383, 3–41

- Chien, S. H., L. I. Prochnow, and R. Mikkelsen. (s/f). Uso Agronómico de la Roca Fosfórica para Aplicación Directa. Informaciones Agronómicas. *International Plant Nutrition Institute*. 13-16 pp.
- Christophersen, T. (2017). *La agricultura en el siglo XXI: un nuevo paisaje para la gente, la alimentación y la naturaleza*. Organización de Naciones Unidas.
- Costafreda, J. L. (2014). *Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía. Universidad Politécnica de Madrid. Editorial Fundación Gómez Pardo, Madrid. 26p.
- Cruz, L. A. y Ruíz, E. F. (2020). Complementariedad entre agrohomeopatía y etnoagronomía en la producción de maíz: la experiencia de Tepalcingo, Morelos. En Cruz y Ruíz (Comp.). *Etnoagronomía. Utopía y alternativas al desarrollo*, (pp 203-225) Universidad Autónoma Chapingo.
- Cruz, L. A., Cervantes, H. J., Damián, H. M.A., Ramírez, V. B., y Chávez, S. P. G. (2015a). Etnoagronomía, tecnología agrícola tradicional y desarrollo rural. *Revista de Geografía Agrícola*, (55),75-89.
- Cruz, L. A., Cervantes, H. J., Ramírez, G. A., Sánchez, G. P., Damián, H. M. A. y Ramírez, V. B. (2015b). La etnoagronomía en la construcción de propuestas de desarrollo rural para comunidades campesinas. *Ra Ximhai*. 5(11):185-194.
- DOF. (2013). *Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-164-SCFI-2013 y NMX-AA-166/1-SCFI-2013*. Secretaría de economía. México.
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3–14.
- Durán, A. R. (2016). Vida y materia: Bergson y la Termodinámica clásica. *Veritas*, (34), 75-91.
- Espinosa, J. y Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de suelos*. 1ra ed. Quito – Ecuador. International Plant Nutrition Institute. 49 p
- Etchevers, B. J. D. (1999). Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. *Terra Latinoamericana*. 17(3), 209-219.
- FAO. (2017). *Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos*. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1994). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Tropical*. IICA, Costa Rica. 418 p.

- Febles, J., Borsatto, F. F. & Soca, N. M. (2015). Fertcel-clinoptilolite natural product to optimize the fertilization and reduce environmental pollution. *Journal of Agricultural Science and Technology*, B 5:189-192.
- Gómez C. y Xantomila J. (13 mayo de 2018). México importa la mitad de los alimentos que consume, alertan. *Periódico La Jornada*.
- Gómez, C. M. A., Gómez, T. L. y Schwentesius R., R. (2018). Producción de naranja orgánica: una innovación tecnológica para citricultores del norte de Veracruz, México. En Hernández-Tapia, A.; Martínez-Solís, J.; Magaña-Lira, N. 2018. *Memoria del VI Congreso Internacional y XX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas*. Chapingo, Estado de México. México
- González, C., Trigo, E., Herrera, E. L. y Farías, A. (2014). Estado actual y potencial de la bioeconomía basada en el conocimiento en relación con la investigación y la innovación. En: *Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa*. Hodson, E. (Ed). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia. pp. 93-115.
- Guevara, H. F. (2017). Propuesta metodológica para el estudio de actores y estrategias de intervención tecnológica en Chiapas, México. *Cultivos Tropicales*, 38(2), 103-112.
- Halpern, M., Bar-Tal A., Ofek M., Minz D., Muller T. & Yermiyahu U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. In: Sparks, D. L. (Ed.), *Advances in Agronomy*, (129), 141–174.
- Henry, G., Pahun, J. y Trigo, E. (2014). *La Bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación*. *Faces*, 42(4), 125-141.
- Hernández, E. y Aguirre R. (1998). Etnobotánica y agricultura tradicional. En Díaz, M. A. y Cruz, A. (Comp.). *Nueve mil años de agricultura en México, homenaje a Efraín Hernández Xolocotzi*. México, Grupo de Estudios Ambientales A. C., Universidad Autónoma de Chapingo, p. 217.
- INECC-IMTA (2014). *Actualización y divulgación de los nuevos escenarios de cambio climático aplicados a México para fortalecer las capacidades nacionales*, Consultores: J. A. Salinas, G. Colorado, M.J. Montero Martínez, M.E. Maya Magaña, M. González Robles, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, 174 pp.
- INTAGRI. (2018). *El Ácido Glutámico en la Bioestimulación de los Cultivos*. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 108. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.
- IPNI. (s/f). *Fuentes de Nutrientes Específicas*. Roca fosfórica. Ficha Técnica No. 19. International Plant Nutrition Institute

- Jiménez, H. M. E., Grijalva, E. A. de las M., & Ponce, S. H. X. (2020). Plasma acoplado inductivamente en espectroscopia de emisión óptica (ICP-OES). *Recimundo* 4(4), 4-12.
- Kowalski, P., Oledzka, I. & Lamparczyk, H. (2003) Capillary electrophoresis in analysis of veterinary drugs. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 32:937-947
- Landa, R., Magaña, V. y Neri, C. (2008). *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- López M., M. Hernández, C. Barahona, M. Martínez, R. Portillo, y F. Rojas. (2010). Propiedades fisicoquímicas de la clinoptilolita tratada con fertilizantes a usar como aditivo en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Terra Latinoamericana* 28(3), 247-254.
- Lucena, J. J. (2006). Synthetic Iron Chelates to Correct Iron Deficiency in Plants. In: Barton L. L., Abadia J. (eds) *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*. Springer, Dordrecht, SpringerVerlag Academic Pubs. pp. 103-127.
- Lucena, J. J. (2009). El empleo de complejantes y quelatos en la fertilización de micronutrientes. *Revista Ceres*, 56(4), 527-535.
- Mainero, J. (2016). *Aplicación de dolomita aperdigonada en forma conjunta con urea y sulfato de amonio como neutralizante de la acidificación generada por el fertilizante utilizando como cultivo indicador raigrás anual (Lolium multiflorum L.)* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
- Malavé, A. y Maza, F. (2015). *¿Epicentro de la Bioeconomía Mundial? Caso: Agroindustria del Café*. Universidad Técnica de Machala, Ecuador. Ediciones UTMACH.
- Nicholls, E. C. I. (2013). Enfoques agroecológicos para incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático. En Clara Inés Nicholls, E. C., Ríos, O. L. y Altieri, M. A. *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*. Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (REDAGRES). Red Adscrita al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).
- Niño, G. F. E. (2011). *Efectividad de la mezcla de sustancias húmicas de leonardita y zeolita en la calidad de plántula de tomate*. Tesis de licenciatura. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Noriega, A. G., Cárcamo, R. B., Gómez, C. M. A., Schwentesius R. R., Cruz, H. S., Leyba, B. J., García, D. E., López, R. U. y Martínez, H. A. (2014). Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(1), p. 163-169.

- Ortiz, E. 2008. *Evaluación del efecto de la cal dolomita sobre algunas características químicas del suelo y la absorción de nutrientes en el cultivo de piña (Ananas comosus) (L) Merr. híbrido MD-2 en finca ganadera La Flor S.A. En Río Cuarto, Grecia, Costa Rica.*
- Pacheco, H. Ma. de L., Reséndiz, M. J. F., & Arriola, P. V. J. (2020). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32.
- Patiño, T. C. (2010). *Solubilización de fosfatos por poblaciones bacterianas de un suelo del Valle del Cauca. Análisis genético y de biodiversidad.* Tesis Doctoral. Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. 89 p.
- Pérez, C. N. (2004). *Manejo ecológico de plagas.* Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural- CEDAR. La Habana, Cuba. 292 p
- Petrovic, M., Hernando, M., Díaz, C. S. & Barcelo, D. (2005). Liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the analysis of pharmaceutical residues in environmental samples: a review. *Journal of Chromatography A* 1067:1-14.
- Pozo, M. (2017). *Aminoácidos.* Curso Internacional en Bioestimulación de Cultivos. INTAGRI. México.
- Ramírez, G. A. G., Sánchez, G. P., Montes, R. R. (2015). Unidad de producción familiar como alternativa para mejorar la seguridad alimentaria en la etnia yaqui en Vicam, Sonora, México. *Ra Ximhai*, 11(5), pp. 113-136. Universidad Autónoma Indígena de México
- Reyes, J. (2017). Seguridad nacional de México, amenazada por dependencia alimentaria. *Contralínea, periodismo de investigación* (534).
- Ribeiro, S. (21 septiembre de 2013). ¿Quién nos alimentará? *Periódico La Jornada*.
- Robles, B. H. (2016). La pequeña agricultura campesina y familiar: construyendo una propuesta desde la sociedad. *EntreDiversidades. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, (7) 46-83.
- Rodríguez, E. H. y Ramírez, G. C. J. (2015). Abordaje metodológico para formulación participativa de planes de asistencia técnica agropecuaria con enfoque territorial. *Acta Agronómica*, 64(4), 321 - 329.
- Rodríguez, M. M. N. (1995). Microorganismos libres fijadores de nitrógeno. pp. 105-126. In: Ferrera-Cerrato R. y J. Pérez M. (eds.). *Agromicrobiología: Elemento útil en la agricultura sustentable.* Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México

- Sánchez, De P, M., Prager, M. M., Naranjo, R. E., & Sanclemente, O. E. (2012). El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas. *Agroecología*, 7(1), 19-34.
- Sarmah, A. K., Meyer, M. T., & Boxall, A. B. (2006) A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (VAs) in the environment. *Chemosphere* 65:725-759
- Schweitzer, L. S. (2010) *Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. II. Costa Rica. Ministro de Agricultura y Ganadería. 18 p.
- Sevilla, G. E. 2006. *De la Sociología Rural a la Agroecología*. Icaria editorial, Barcelona, España. 235 p.
- Soca, M. & Daza, T. M. C. (2016). Evaluación de fracciones granulométricas y dosis de zeolita para la agricultura. *Agrociencia*, 50(8), 965-976.
- Talero, P. V., Medina, O. J. y Roza, N. W. (2014). Técnicas analíticas contemporáneas para la identificación de residuos de sulfonamidas, quinolonas y cloranfenicol. *Universitas Scientiarum* 19(1): 11-28.
- Tittonell, P. A. (2013). *Farming Systems Ecology. Towards ecological intensification of world agriculture. Inaugural lecture upon taking up the position of Chair in Farming Systems Ecology at Wageningen University on 16 May 2013*.
- Tittonell, P. A. (2014). *Ecological Intensification of Agriculture-Sustainable by Nature*. Current Opinion in Environmental Sustainability, ScienceDirect, (8), 53-61.
- Trigo, E. y Elverdin, P. (2019). *Los sistemas de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria de América Latina y el Caribe en el marco de los nuevos escenarios de ciencia y tecnología. 2030*. Alimentación, agricultura y desarrollo rural en América Latina y el Caribe, No. 19. Santiago de Chile. FAO. 18 p
- Uribe, B. E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)- Naciones Unidas.
- Zapata, F. y Roy, R. N. (2007). *Utilización de las Rocas Fosfóricas para una Agricultura Sostenible*. Boletín FAO No. 13. Roma, Italia. 94 p.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES GENERALES

La agricultura que se practica en el país juega un papel determinante en la economía mexicana, debido a su contribución en la producción alimentaria, materias primas, fuerza de trabajo, generación de empleos. En el caso del subsector de agricultura campesina de temporal la producción es principalmente para autoconsumo en las UPR considerando la alimentación de la ganadería de traspatio y cuando se logra tener un excedente se busca la comercialización de productos agropecuarios o su intercambio en mercancías.

En México existen previsiones que afirman que ningún estado del país estará exento de la escasez de agua, habrá más reducción de zonas agrícolas y aumento de enfermedades por contaminación de aire y del agua. La escasez de agua será el primer indicio de la crisis ambiental y social, se reducirán los espacios de aptitud para cultivo como el maíz, es decir, las superficies no aptas para el cultivo aumentarán. Actualmente, la producción de alimentos es deficitaria; la dependencia alimentaria de maíz promedió 31.9%; frijol 8.2; trigo, 42.8, y arroz 67.9%. La prolongación de esa tendencia es insostenible hacia el año 2025, ya que habría que importar uno de cada dos kilos de maíz consumidos en México

La FAO previó la problemática sobre la agricultura, por ejemplo, en la década de los 80 y 90's en el estado de Oaxaca se observó el deterioro de la producción del maíz con el incremento de diferencias entre las superficies sembradas y las cosechadas; la superficie sembrada, producción y rendimientos promedio disminuyeron. Las actividades agropecuarias también han contribuido al cambio climático, siendo parte de la destrucción de la capa de ozono, sin embargo, la agricultura del minifundio en México utiliza pequeñas cantidades de agroquímicos, son estos campesinos los que sufren más los efectos de las alteraciones climáticas. De ahí la importancia del análisis de la legislación ambiental.

El IPCC estima que más del 80% de las tierras agrícolas del mundo dependen de la lluvia, en dichas regiones la productividad de los cultivos depende de una precipitación suficiente para satisfacer la demanda evaporativa y la consiguiente distribución de humedad del suelo. Estudios realizados en México previeron que aquí se podrían experimentar pérdidas de productividad de entre 30 y 85 % de todos los cultivos. Es así como la percepción del cambio climático y sus consecuencias en los países industrializados ha servido como una herramienta para la generación de políticas públicas, dirigidas a tomar medidas de disminución de los efectos y/o impactos del cambio climático, de ello podemos citar al protocolo de Kioto.

Los niveles de CO₂ y otros GEI han incrementado su concentración en la atmósfera y están contribuyendo a los cambios en el sistema climático, evidenciados por el aumento de las temperaturas del aire y del océano, el deshielo en los polos y el aumento del nivel del mar. Es así como en 1985, se descubrió un "agujero" en la capa de ozono en la Antártida, el PNUMA condujo a un acuerdo mundial: el "Protocolo de Montreal" de 1987, cuyo objetivo fue la reducción progresiva de la producción y consumo de clorofluorocarbonos (CFC).

Las emisiones de GEI del sector agropecuario en México, están dadas principalmente por emisiones directas derivadas de la forma de calentamiento del estiércol del ganado, principalmente estabulado. Las emisiones de las actividades agrícolas son de forma directa debido a la aplicación a los suelos de fertilizantes químicos, uso de maquinaria, aplicación de plaguicidas, abonos naturales, es decir, estas actividades también propician parte del calentamiento global.

En México, la Ley General de Cambio Climático se publicó en el año 2012, contempló la creación del Programa Especial de Cambio Climático, lo cual dio origen a la Ley de Cambio Climático y el Plan Estatal de Cambio Climático de Oaxaca en el año 2012 con sus últimas reformas en el año 2018, situación importante de esta situación es que incluyen en sus principios y

consideraciones la equidad de género; empero el reto más importante continúa siendo la implementación de forma adecuada a nivel de las comunidades.

Ante el problema del cambio climático es necesario realizar acciones que conduzcan a disminuir las emisiones de GEI, es por lo que en México se han creado entre otras cuestiones el Programa Especial de Cambio Climático. Las principales acciones de mitigación que está aplicando en el sector agrícola son: conservación de suelos y reconversión productiva, corte en verde de caña de azúcar, es decir, se busca no quemar para la cosecha de este cultivo, el Estado fomenta la utilización de energías renovables, principalmente.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) se publicó en el año 2013, lo que ha venido a constituir la parte principal para abordar la política nacional de este tema, sus estrategias principales son: reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia del sector social. Aumentar la resiliencia de los sistemas productivos y conservar los ecosistemas y agroecosistemas del país.

El país está comprometido en reducir las emisiones de GEI, sin afectar el crecimiento económico y el desarrollo. Se ha dado a conocer la intención de que México reducirá voluntariamente sus emisiones en un 50% hacia el 2050 tomando como base el año 2000; sin embargo, la sociedad mexicana está enfrentando a otro tipo de problemas como los de salud, que seguramente impedirían lograr esta meta.

La construcción de las estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático en México debe reconocer la necesidad de utilizar diversos instrumentos; en lo posible construir indicadores y metas que puedan cuantificarse, de esta manera saber con precisión qué tanto se avanza en materia ambiental para cumplir los objetivos de la agenda 2030 y los acuerdos de París, de los cuales el país forma parte. Sin embargo, hasta ahora ha sido insuficientes esos esfuerzos, por lo que se requiere de un modelo (técnico, económico, social, ambiental) alterno a nivel nacional.

En la parte económica del país para los próximos años se prevé que transitará a una trayectoria de crecimiento de baja intensidad, entonces la realización de las acciones de mitigación y adaptación deberán ser diversos dentro de sus posibilidades, para contribuir a la solución del cambio climático global-local, sin dejar de aprovechar los recursos monetarios internacionales disponibles a través de diversos fondos.

La región del Pacífico tiene características climáticas particulares: fuertes vientos secos en invierno y lluvias en verano. La mayor parte del territorio es de propiedad social: ejidos, comunidades y núcleos agrarios, la zona está expuesta a riesgos naturales por fenómenos geológicos como los sismos e impacto de fenómenos hidrometeorológicos

En la búsqueda de la resiliencia local del sector agrícola en Oaxaca, principalmente en las regiones de Valles Centrales, Costa e Istmo, se está buscando la adecuación de la profundidad de siembra, principalmente en maíz y sorgo, debido a que ante el incremento de temperatura ambiental, mayor es la evaporación y secado de la superficie del suelo (los primeros 5-10 cm de profundidad); hasta el momento se está valorando la mayor profundidad para que la semilla y la plántula no se marchiten rápidamente.

En la región de estudio y a nivel nacional, se debe de implementar un sistema de monitoreo agroclimático local, regional y nacional, enmarcado en un proceso de vigilancia de por lo menos 30 años, para contar con datos propios y reales, acorde con las diferentes zonas agrícolas del país, esos valores ambientales son necesarios para el estudio del clima, son series de datos acumulados para la estadística territorial.

En la zona del Istmo se encontró que existe un incremento en la temperatura ambiental, lo que tiende a dar origen a un cambio climático regional. El incremento de la temperatura media mensual que está presente en cada estación meteorológica, por ejemplo, en San Pedro Tapanatepec, Oaxaca, la temperatura se ha elevado en 0.8°C en promedio. En la estación meteorológica de Santo Domingo Zanatepec, Oaxaca, se aprecia que la temperatura media

fue incrementada en 0.9°C, presentando el mismo comportamiento que Tapanatepec. En lo que respecta a la estación de San Luis Acatlán, Guerrero, el incremento térmico ha sido de 0.8°C.

En lo que se refiere a la precipitación se determinó que ha ido disminuyendo paulatinamente, la cantidad de precipitación total no es problema, el inconveniente radica en la intensidad y en la distribución a lo largo del año. En este sentido se analizó que en las tres estaciones meteorológicas se observó una disminución paulatina de la precipitación, la diferencia en promedio es de 100 a 150 mm.

Respecto del periodo de crecimiento de las normales climatológicas extremas en la zona, no se aprecia un cambio drástico en dicho valor, sin embargo, en Tapanatepec de acuerdo a la normal 1981 el periodo ha sufrido un adelanto alrededor de una semana, lo cual no es demasiado significativo en el campo, la cantidad de precipitación es suficiente para la producción de granos básicos de temporal, el problema radicaría en que dicha cantidad de agua incremente su intensidad o su distribución a lo largo del año; en promedio se tiene un total de 170 días de humedad adecuada, lo cual significa que el ciclo vegetativo de un cultivo anual es completado con esa cantidad de lluvia

Para afrontar el cambio climático la agricultura campesina tradicional cuenta con saberes o conocimientos ancestrales: manejo del suelo, biodiversidad, conservación de agua, teniendo un origen ancestral, cuyas características estructurales, funcionales y de manejo son diferentes a la agricultura convencional, e incluye otros elementos como la historia local de las comunidades, tenencia de la tierra, productividad agrícola, condiciones de vida de los campesinos y el empleo no agrícola.

Para la producción de alimentos en México se debe adoptar un nuevo modelo agrícola que garantice que sean nutritivos y en cantidad suficiente para las familias o comunidades más necesitadas; dicho modelo debe adaptarse al cambio climático y que, en la medida de lo posible, contribuya a mitigarlo; que conserve la diversidad biológica y cultural, como es el agroecológico; con

innovación de técnicas para promover un modelo de agricultura regeneradora, adaptable, eficaz en el uso de los recursos y no dependiente de los insumos de síntesis química.

Se debe de buscar la atención de la pobreza alimentaria en particular de las pequeñas unidades de producción familiar, donde los productores cuentan con poca superficie agrícola, dependen del temporal de lluvias y su tecnología es básica; precisar que el aumento en los rendimientos de los cultivos básicos no sacará a las familias de la pobreza o de la marginación, la venta de los excedentes de la cosecha es minúsculo para cubrir todas sus necesidades básicas en su familia.

Los estudios que se han realizado en México por ejemplo los dirigidos por Conde referentes a temperatura y precipitación principalmente, indican como efecto negativo del cambio climático que en los próximos años habrá reducción en la producción de maíz. Por tanto, es importante desarrollar estrategias de producción de granos básicos con el enfoque de resiliencia, resistentes a sequías y altas temperaturas a olas de calor duraderas, resistencia a plagas y enfermedades, principalmente.

Los impactos del cambio climático son de diversa índole, por tanto, los procesos de adaptación y mitigación son complejos, generales y no son replicables para todas las zonas agroecológicas del país, también se debe de considerar que los procesos de adaptación pueden reducir los costos del cambio climático, sin embargo, pueden ser insuficientes para controlar tales impactos negativos.

Es posible que el cambio climático tenga consecuencias positivas, sin embargo, se prevé que éstas sean de poco impacto, dado que la vulnerabilidad de los países desarrollados situados en latitudes más bajas será mayor; por lo tanto, la salida más importante es reducir gran parte del riesgo mediante una firme política de mitigación y adaptación.

El cambio climático es un fenómeno de alto riesgo, debido a que existe una probabilidad de eventos catastróficos, como sequías o huracanes; es necesario

evitar pérdidas irreversibles en la biodiversidad, no basta con darle u otorgarles valor económico a todos los impactos, porque la cuestión social y ambiental exige diferente tipo de atenciones.

Para contribuir a frenar el deterioro ambiental se debe de limitar la expansión de la frontera agropecuaria como estrategia ambiental y reducir la mancha urbana, es decir, procurar en la medida de lo posible no quitar la vegetación, dentro de otras acciones, buscar la implementación de plantaciones forestales de protección de las cuencas hidrológicas.

Otra opción de desarrollo para la agricultura en México consiste en: aprovechar las limitadas tierras que son beneficiadas por el cambio climático o las tierras que están semi abandonadas, es decir, buscar la restauración; ampliar el sector de bajo carbono (tanto en pequeñas como grandes explotaciones); determinar las regiones y sectores estratégicos para la reestructuración agropecuaria. Hay que señalar que el logro de mayor producción no debe ser a costa del aumento de la frontera agrícola, sino del incremento de los rendimientos, con manejo de tipo agroecológico como la ecointensificación.

El cambio climático y sus costos (en dinero y en recursos naturales perdidos) son un obstáculo, pero visto desde otra perspectiva también es una oportunidad para el crecimiento económicos y social del país. Representa también el desarrollo de nuevas investigaciones agrícolas en las instituciones educativas relacionadas con el sector, en los planes y programas de estudios deberán aparecer tópicos para atender esta problemática socioambiental. Es decir, no basta abordar la problemática desde el punto de vista técnico, se requiere un modelo económico e institucional favorable para atender el minifundio.

En la parte de mitigación y adaptación agroclimática se deben de contemplar los saberes locales ancestrales, los cuales sirven de referencia para las estrategias a nivel local, regional y nacional, lo cual garantizará la participación de los productores (campesinos) locales en la planificación y ejecución de las propuestas de la política pública para hacer frente al cambio climático en México.

El diseño de estrategias de adaptación a nivel local se ha vuelto una tarea difícil en los sistemas de producción agrícola, pecuario, forestal y acuícola, dado que constituyen actividades altamente sensibles a la variabilidad climática, dentro de otras cuestiones por las incertidumbres de las variables ambientales. Es cierto que aún no es posible cuantificar con precisión los impactos futuros sobre un lugar determinado, debido a que las proyecciones del cambio climático a nivel regional son inciertas; la comprensión de los procesos naturales y socioeconómicos es limitada.

Hace falta investigación en el sector agrícola del país, como puede ser: variedades de cultivos anuales o perennes de mayor rendimiento, sobre cultivos resistentes a inundaciones, a temperaturas elevadas, resistentes a sequías prolongadas, es por ello que la modificación de las prácticas agrícolas, como es el caso de la aplicación de ecointensificación agrícola, contribuyen a la resiliencia e incrementan la capacidad de adaptación de los cultivos al mantener la buena calidad de los suelos agrícolas, además se debe de buscar la conservación de la agrobiodiversidad en el suelo y en general de los agroecosistemas.

Al aplicar la ecointensificación agrícola en diferentes cultivos se obtuvo lo siguiente: mango Ataúlfo (*Mangifera caesia* Jack ex Wall) al término del ciclo agrícola hubo un incremento en el rendimiento del 20%; maíz blanco (*Zea Mays*) en monocultivo la tecnología propuesta arrojó un incremento del 30% en el rendimiento y en naranja (*Citrus aurantium*) aumentó de 25 a 47 t ha⁻¹ en un periodo de cuatro años. Lo que convierte a la ecointensificación en una propuesta viable.

La utilización de la ecointensificación en lugar de fertilizantes químicos tiene su sustento en que el poder adquisitivo de los pequeños productores es cada vez menor, por lo tanto, se tienen que buscar alternativas para el minifundio, desarrollando mezclas denominadas órgano-minerales para la producción de alimentos.

LITERATURA CITADA

- Ahumada, C. R., Velázquez, A. G., Flores, T. E. y Romero, G. J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. *Investigación y Ciencia*, 22(61), 48-53.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA Revista de agroecología*, 24(4).
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*. Vol. 3. Murcia, España. Pp. 7-23
- Carter, T. R., Jones, R. N., Lu, X., Bhadwal, S., Conde, C., Mearns, L. O., O'Neill, B. C., Rounsevell, M. D. A. and Zurek., M. B. (2007). New Assessment Methods and the Characterisation of Future Conditions. In Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutifok, J. P., Van der Linden, P. J. and Hanson, C. E. (eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Panel on Climate Change* (pp. 133-171). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Conde, C., Ferrer, R., y Orozco, S. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmósfera*, 19(3), 181-194.
- De Alba, E. y Reyes, M. E. (s/f). Contexto físico. *El País*. Consultado en <https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais3.pdf>
- DOF. (2012). *Ley general de cambio climático*. Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012. Cámara de Diputados H. Congreso de la Unión.
- Donatti, C. I., Harvey, C. A. M., Martínez, R. R., Vignola, R. y Rodríguez, C. M. (2019). Vulnerability of smallholder farmers to climate change in Central America and Mexico: current knowledge and research gaps. *Climate and Development*. 11: 3, 264-286.
- Echeverri, J. A. 2009. Pueblos indígenas y cambio climático: el caso de la Amazonía colombiana. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*. (Perú). 38(1):13-28.
- Enciso, L. A. (2017-01-20). La NAS y la NOAA declaran al 2016 el año más caliente de la historia. *La Jornada*. México.
- FAO. (1978). Report on the Agroecological zones project. *World Soil Resources Report*. FAO, Roma, Italia. Methodology and results for Africa. 1(48), 158 pp.
- FAO. (1981). The Agroecological Zones Project. Methodology and Results for Central and South. America. FAO, Rome.

- FAO. (1997). Zonificación agro-ecológica. Guía general. Boletín de suelos de la FAO 73. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de suelos Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 82 pp.
- FAO. (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2020. Superar los desafíos relacionados con el agua en la agricultura. Roma.
- FAO-SAGARPA. (2012b). Levantamiento de línea de base del Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales. *Emisiones de GEI del Sector Agropecuario en México*.
- Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir y L. L. White (eds.) (2014), IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press/Cambridge, Reino Unido/Nueva York.
- Galindo, L: M. (2009), La economía del cambio climático en México: Síntesis., México, Secretaría de Hacienda y Crédito Público; México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- García, A. E. (2003). Distribución de la precipitación en la República Mexicana. *Investigaciones geográficas*, (50), 67-76.
- Gay, C. (2000). México: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Resultados de los estudios de vulnerabilidad del país. Country Studies Program. SEMARNAP, UNAM, USCSP 220.
- Gehlot, H. S., Panwar, D., Tak, N., Tak, A., Sankhla, I. S., Poonar, N., Parihar, R., Shekhawat, N. S., Kumar, M., Tiwari, R., Ardley, J., James, E. K., & Sprent, J. I. (2012). Nodulation of legumes from the Thar desert of India and molecular characterization of their rhizobia. *Plant Soil*, 357: 227-243.
- Gómez, C. y Xantomila, J. (2018). México importa la mitad de los alimentos que consume, alertan. Periódico La Jornada 13–mayo-2018, p. 4.
- Gómez, C. M., Gómez, T., L. y Schwentesius, R., R. (2018). Producción de naranja orgánica: una innovación tecnológica para citricultores del norte de Veracruz, México. En Hernández-Tapia, A.; Martínez-Solís, J.; Magaña-Lira, N. 2018. Memoria del VI Congreso Internacional y XX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. Chapingo, Estado de México. México.
- Gómez R. J. y Esquivel, M. M. (2002). Agroclimatología del maíz de México. *Revista Geográfica* 132, 123–140.
- Gómez, F. B., Morales, J. C., Santos, C. D. dos y Goussain, M. M. (2005). Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agricola*, 62(6), 547-551.

- González, G. É. J. (2012). La representación social del cambio climático: una revisión internacional. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(55), 1035-1062.
- Greenpeace (2010). México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidades y adaptación. México. Pp. 69.
- Grupo Banco Mundial. (2021). Empleos en agricultura (% del total de empleos). Organización Internacional del Trabajo, base de datos de los Indicadores Clave del Mercado de Trabajo. Consultado en <https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.AGR.EMPL.ZS>.
- Hernández, C. M., Azpra, E., Carrasco, G. y Villacañas, J. (2001), Los ciclones tropicales de México, *Temas Selectos de Geografía de México*. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Hernández, M., García, G., Orozco, H., Juárez, M. G. (2008). Vulnerabilidad socioambiental del maíz nativo frente al cambio climático en el estado de Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 7(14).
- Howden, S. M., J. F. Soussana, F. N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop & H. Meinke, H. (2007). Adapting Agriculture to Climate Change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19 691-19 69.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute). (2009). Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report 21. Washington, D.C.
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. 1004 p.
- IPCC (2013). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- IPCC (2019). Calentamiento global de 1,5 °C. Resumen para responsables de políticas. [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. Unidad de Apoyo Técnico del Grupo de Trabajo I. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the

- Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- IPCC. (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- Izaurrealde, R. C.; Thomson, A. M.; Morgan, J. A.; Fay, P. A.; Polley, H.W., and Hatfeld, J. L. (2011). Climate impacts on agriculture: implications for forage and rangeland production. *Agronomy. Journal.* 103:371-38
- Landa, R., Magaña, V. y Neri, C. (2008): Agua y Clima: elementos para la adaptación al cambio climático. SEMARNAT-CCA-UNAM.
- Leff, E. (2002). Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder, 3ra 3d. México. Siglo XXI, PNUMA.
- Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses. Volume II. Water, Radiation, Salt, and Other Stresses; Academic Press: London, UK. 607 p
- Lezama, J. L. (2001). El medio ambiente como construcción social: reflexiones sobre la contaminación del aire en la Ciudad de México. *Estudios Sociológicos*, XIX(2), 325-338.
- Lobell, D. B., M. B. Burke, C. Tebaldi, M. D. Mastrandrea, W. P. Falcon y R. L. Naylor. (2008), "Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030", *Science*, 319(5), 607-610.
- Long, S. P., Ainsworth, E. A., Rogers, A. y Ort, D. R. (2004). Rising atmospheric carbon dioxide: Plants FACE the future. *Annual Review of Plant Biology.* 55:591-628.
- López, F. A. J. y Hernández, C. D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*, 83(332), 459-496.
- Magaña, V.O. y C. Conde (2003). Variabilidad climática y cambio climático y sus impactos en los recursos de agua dulce en la región fronteriza: un estudio de caso para Sonora, México, en H. Díaz y B. Morehouse (eds.), *Clima y Agua Desafíos transfronterizos en las Américas*, Boston, MA: Kluwer Academic Publishers
- Memmott, J., Craze, P.G., Waser, N. M., y Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology letters* 10:710-717
- Mendelsohn, R., y M. E. Schlesinger (2009). The Impact of Climate Change on Agriculture in Developing Countries. *Journal of Natural Resources Policy Research*, 1(1), 5-19.
- Miralles, I. Soria, R. Lucas, B.M. E., Soriano, M, & Ortega R. (2020). Effect of biocrusts on bacterial community composition at different soil depths in Mediterranean semi-arid ecosystems. *Science of The Total Environment*: 733().

- Montalvo, Vania, "México en la cop de cambio climático. ¿Cómo contribuir como país en las metas globales para la mitigación y adaptación?". Transparencia Mexicana (sitio de internet), 28 de noviembre de 2014, <https://www.tm.org.mx/mexico-en-la-copde-cambio-climatico-como-contribuir-como-pais-en-las-metasglobales-para-la-mitigacion-y-adaptacion/>
- Morales, R. (22 de sep de 2020). México tendrá el peor desempeño del PIB en 2020 y 2021, pronostica la UNCTAD. *El economista.com.mx*.
- Naredo, J. M. (2006). Raíces económicas del deterioro ecológico y social: Más allá de los dogmas. Madrid, Siglo XXI Editores.
- Ojeda, B.W.; Sifuentes, I. E.; Íñiguez, C. M. y Montero, M. M. J. (2011). Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia*. 45:1-1
- ONU. (1992). Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Consultado en <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Ortiz, S. C. (2008). Elementos de agrometeorología cuantitativa con aplicaciones en la República Mexicana. Texcoco, Edición del autor.
- Oswald, S. Ú. (2010). Cambio Climático, conflictos sobre recursos y vulnerabilidad social en: Delgado, Gian Carlo; Gay, Carlos; Imaz, Mireya; Martínez, María Amparo (coords.). México frente al Cambio Climático. Retos y Oportunidades, CCA-CEIICH-PINCC-PUMA, UNAM, México.
- Peixoto, J. P. & Oort, A. H. (1992). *Physics of Climate*. Ed. American Institute of Physics. N. Y. USA. 520 p.
- Peng, S., Laza, R. C., Visperas, R. M., Sanico, A. L., Cassman, K. G., y Khush, G. S. (2004). Grain yield of rice cultivars and lines developed in the Philippines since 1966. *Crops Science* 40 (1): 307-314
- Reyna, T. T., Granados, R. R., y Gómez R. G. (2012). Dinámica atmosférica y climatológica: variación climática e impactos en la producción agrícola. Coord. Rebeca Granados Ramírez y Teresa Reyna Trujillo. México: UNAM, Instituto de Geografía. 223 p.
- Rubli, K. F. (02 de feb de 2021). PIB 2021 ¿Optimista?. *El economista.com.mx*.
- Sachs, I. (1981). Ecodesarrollo: concepto, aplicación, beneficios y riesgos. *Agricultura y Sociedad*, 18, 9-32.
- Salazar, S. E. y Flores, M. S. (2010). Efectos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad de Guanajuato. México
- SEMARNAT, INECC. (2018). México Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. INEGYCEI.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). México

- SIAP (sistema de información agroalimentaria y pesquera). (2013). Producción agrícola. Consultado en: <http://www.siap.gob.mx>.
- SIAP. (2021). Comportamiento del PIB Agroalimentario al primer trimestre de 2020. Dirección de Análisis Estratégico. Consultado en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554179/Analisis_PIB_Trim_I_2020.pdf
- Torres, R. B. (2019). La participación de México en la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. *Foro internacional*, 59(3-4), 1179-1219.
- UNESCO. (2020). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático, París, ONU. Disponible en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373611.locale=es>.
- Usquillas, L. (2020). Doce cifras para entender la gravedad de la desertificación y la sequía. EFE 17/06/2020. Consultado en <https://www.lavanguardia.com/natural>.
- Viana, J. E. (2008b). Importancia del silicio en la nutrición vegetal. Agromil. Tolima, Colombia (en línea). Consultado en <http://www.silicioagromil.com>
- Winslow, M. D. (1992). *Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions*. *Crop Science* 32(188), 239-248.