



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



CAMPUS II

**Adaptación ante el cambio climático en prácticas agrícolas en
comunidades campesinas de Tecpatán, Chiapas**

TESIS

que para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL

Presenta

DONATO CHANG GUTIERREZ PS186

Director de tesis:

DR. MEXITZIN LEOPOLDO MEDINA SANSÓN

**Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Agosto, 2022**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS, *CAMPUS V.*
DIRECCIÓN



Villaflores, Chiapas
27 de septiembre de 2023
Oficio N° FCACV/D/1019/23

C. DONATO CHANG GUTIÉRREZ
MAESTRANTE EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS *CAMPUS V*
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado designado para su evaluación de posgrado, de la tesis titulada: **“Adaptación ante el cambio climático en prácticas agrícolas en comunidades campesinas de Tecpatán, Chiapas”**, por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONÓMICAS
ATENTAMENTE
“POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR”
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE CHIAPAS
DIRECCION
M. C. CARLOS ALBERTO VELÁZQUEZ SANABRIA
DIRECTOR

C. c. p. Archivo

CAVS*marh.



Código: FO-113-05-05

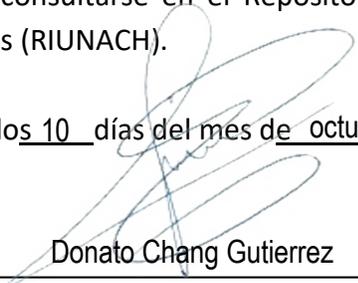
Revisión: 0

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Donato Chang Gutierrez,
Autor (a) de la tesis bajo el título de “ Adaptacion ante el cambio climatico en practicas agricolas en comunidades campesinas de Tecpatan, Chiapas ”
presentada y aprobada en el año 20 23 como requisito para obtener el título o grado de Maestro en ciencias en producciona agropecuaria tropical, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional del Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 10 días del mes de octubre del año 20 23.



Donato Chang Gutierrez

Nombre y firma del Tesista o Tesistas

DEDICATORIA

- A mis padres: Graciela Gutierrez Vargas y Donato Chang Cruz por su apoyo incondicional por dame siempre un ejemplo de superación y creer en mí siempre.
- A Martha Esthela Maza Ramos: por ser mi compañera de vida ayúdame siempre en todo momento a terminar lo que nos proponemos por compartir siempre un punto de vista que en nos da un rumbo hacia las decisiones que tomamos.
- A la familia Orozco Chang: Felipe, Diana, Frida Felipe Jr. por todo el apoyo como familia en las buenas y en las malas el contar con el acompañamiento de ustedes es una fuerza que valoro mucho.
- A José A Chang Gutierrez: por todo el cariño y amor de hermanos por siempre saber que estas cuando te necesite.
- A mi pequeña Adelina Tais Chang de la Cruz: por que iniciamos este camino juntos y recordare siempre las noches que juntos nos tocó hacer tarea por que espero algún día esto te sirva de motivación y ejemplo de superación para lo que decidas de tu vida profesional.
- A Alex Donato Chang Maza y Favio Plasencia: porque las palabras se las lleva el viento, pero los libros quedan para siempre y los motive a superarse día a día para saber que tienen la oportunidad de ser y hacer grandes cosas de su vida y siempre contar con mi apoyo.
- A Gabriel Gutierrez Diaz: por todas tus enseñanzas consejos y cuentos que me contaste, por creer siempre en mí, por tener siempre un libro que resolviera una duda por esa guía de examen para que estudiara por todo lo que me dejaste de ejemplo para ser como soy gracias.
- A Miguel Fu y Patricia Montoya: por ser unos excelentes tíos por todo el apoyo que he recibido de ustedes, por todo su cariño hacia mi familia y siempre estar pendientes de mí.
- A mis amigos Jenner Rodas, Paola Ocampo, Pablo Coutiño y Adriana Rebollo por sus muestras de cariño y conformar un gran equipo que en las buenas y malas rachas de la vida saber que cuento con ustedes, recibiendo un consejo y ánimos para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.
- Agradezco a la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) por la formación de licenciatura y maestría, brindando los conocimientos y valores para ser y ejercer de forma ética.
- Agradezco al Dr. Leopoldo Medina Sansón primeramente por darme la oportunidad de formar parte del proyecto “Discurso oficial y adaptación social a los efectos del cambio climático y ambiental en espacios rurales de Chiapas” del cual fue líder, también por todo el apoyo acompañamiento, paciencia y dedicación a esta tesis, por ultimo y lo más importante por la confianza y amistad que quedara como una gran herencia de este trabajo de investigación.
- Agradezco al Dr. Hernán Orbelin Mandujano Camacho por su tiempo y aportaciones que fueron de gran valor e importancia en tiempos difíciles a esta tesis, por su paciencia y sus comentarios siempre atinados hacia el trabajo y mi persona realmente un apoyo que valoro y valorare mucho.
- Agradezco al MsC, Jenner Rodas Trejo por su amistad sincera e incondicional, al tiempo dedicación y empeño que puso para la realización de esta tesis, agradezco por siempre tener esa disponibilidad de enseñar y compartir sus ideas y conocimientos hacia mi persona y el trabajo de tesis.
- Agradezco a la Dr. Paola Ocampo González quien fue siempre un gran apoyo para la revisión de esta tesis, agradezco por su voluntad de siempre buscar darme una respuesta que permitiera lograr esta tesis.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



Esta tesis titulada Adaptación ante el cambio climático en prácticas agrícolas en comunidades campesinas de Tecpatán, Chiapas, forma parte del proyecto de investigación Discurso oficial y adaptación social a los efectos del cambio climático y ambiental en espacios rurales de Chiapas, registrado en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia C-II, financiado por el fondo sectorial de investigación para la educación ciencia básica CONACYT, bajo la dirección del Dr. Mexitzin Leopoldo Medina Sansón.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento del Cuerpo Académico Sociedad, Educación y Desarrollo.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**



Esta tesis titulada ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN COMUNIDADES CAMPESINAS DE TECPATÁN, CHIAPAS, realizada por el Ing. DONATO CHANG GUTIÉRREZ, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTOR

DR. MEXITZIN LEOPOLDO MEDINA SANSÓN

ASESORES

DR. HERNÁN O. MANDUJANO CAMACHO

M. Sc. JENNER RODAS TREJO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA



Esta tesis titulada ADAPTACIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN COMUNIDADES CAMPESINAS DE TECPATÁN, CHIAPAS, realizada por el Ing. DONATO CHANG GUTIÉRREZ, ha sido aprobada por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMISIÓN REVISORA

DR. MEXITZIN LEOPOLDO MEDINA SANSÓN

Leopoldo Medina Sansón

DR. HERNÁN O. MANDUJANO CAMACHO

[Handwritten signature]

M. Sc. JENNER RODAS TREJO

RESUMEN

El presente estudio se enfocó en analizar las percepciones hacia los efectos del cambio climático y las adaptaciones en las prácticas agrícolas que han realizado en seis comunidades campesinas del municipio de Tecpatán, Chiapas, México, buscando entender cómo las comunidades campesinas están enfrentando los desafíos del cambio climático en su producción agropecuaria, ya que estas comunidades son altamente vulnerables a los efectos del cambio climático y dependen en gran medida de la agricultura para su subsistencia. Los objetivos contemplados en el estudio fueron: conocer la percepción de los pobladores hacia el cambio climático, identificar los cambios en los modelos tecnológicos de producción en relación con los cambios en el clima, y conocer los procesos de mitigación y adaptación en la producción agrícola por parte de los pobladores. Para ello, se realizaron encuestas y talleres con los pobladores de las seis comunidades campesinas seleccionadas que variaron entre 2 a 4 horas, según el tiempo que tardara en responder cada persona. Los encuestados y los talleres se realizaron a cualquier persona sin discriminar género, ocupación, edad (>18 años). Toda la información se recabó bajo el consentimiento informado de los participantes. Se realizó un análisis de las fluctuaciones anuales de temperaturas media mensual y precipitación media mensual, para lo que se utilizó el programa estadístico R Core-Team 2021. Los resultados indican que los pobladores de las seis comunidades campesinas tienen una percepción clara de los efectos del cambio climático en su producción agrícola. Los cambios en el clima han afectado la producción de cultivos y han generado una mayor incertidumbre en la planificación de la producción. Los

pobladores han implementado diversas medidas de adaptación, como la diversificación de cultivos, la implementación de prácticas de conservación de suelos y agua, y la utilización de tecnologías más eficientes. Sin embargo, estas medidas de adaptación son limitadas debido a la falta de recursos y apoyo gubernamental. En conclusión, este estudio destaca la importancia de entender las percepciones y medidas de adaptación de las comunidades campesinas ante los efectos del cambio climático en su producción agrícola. Los resultados indican que es necesario implementar políticas y programas que apoyen a estas comunidades en la implementación de medidas de adaptación más efectivas y sostenibles. Además, se requiere de una mayor inversión en investigación y desarrollo de tecnologías que permitan una producción agrícola más resiliente al cambio climático. Este estudio contribuye a la comprensión de los desafíos y oportunidades que enfrentan las comunidades campesinas en su lucha contra los efectos del cambio climático en su producción agrícola, y proporciona información valiosa para la toma de decisiones y la implementación de políticas y programas que apoyen a estas comunidades en su adaptación al cambio climático.

Palabras clave: adaptación, calentamiento global, ganadería, mitigación, sequía

ABSTRACT

The present study aimed to analyze perceptions towards the effects of climate change and adaptations in agricultural practices carried out in six rural communities in the municipality of Tecpatán, Chiapas, Mexico. The study sought to understand how these rural communities are addressing the challenges of climate change in their agricultural production, given their high vulnerability to its effects and their heavy reliance on agriculture for their subsistence. The objectives of the study were: to understand the residents' perception of climate change, to identify changes in technological production models about climate changes, and to understand mitigation and adaptation processes in agricultural production by the residents. To achieve this, surveys and workshops were conducted with residents from the six selected rural communities, with session durations ranging from 2 to 4 hours, depending on individual response times. Respondents and workshop participants were selected without discrimination based on gender, occupation, or age (>18 years). All information was gathered with the informed consent of the participants. An analysis of annual fluctuations in average monthly temperatures and average monthly precipitation was performed using the statistical program R Core-Team 2021. The results indicate that residents from the six rural communities clearly perceive climate change's effects on their agricultural production. Climate changes have impacted crop production and increased uncertainty in production planning. Residents have implemented various adaptation measures, such as crop diversification, soil and water conservation practices, and the adoption of more efficient technologies. However, these adaptation measures are limited due to a lack

of resources and government support. In conclusion, this study underscores the importance of understanding the perceptions and adaptation measures of rural communities in the face of climate change effects on agricultural production. The results suggest the necessity of implementing policies and programs that support these communities in adopting more effective and sustainable adaptation measures. Furthermore, greater investment in research and development of technologies that enable climate-resilient agricultural production is required. This study contributes to the comprehension of the challenges and opportunities confronting rural communities in their battle against the impacts of climate change on their agricultural production, offering valuable insights for decision-making and the implementation of policies and programs to aid these communities in their climate change adaptation efforts.

Keywords: adaptation, drought, global warming, livestock, mitigation

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Cambio climático	4
2.1.1 Definición de cambio climático	4
2.1.2 Calentamiento global.....	5
2.1.3 Adaptación	8
2.1.4 Mitigación	12
2.1.5 Consecuencias del cambio climático.....	12
2.1.5.2 Sector bosques	13
2.1.5.3 Sector agrícola	13
2.1.5.4 Sector biodiversidad.....	14
2.1.5.5 Sector transporte.....	15
2.1.5.6 Sector salud	15
2.1.5.7 Sector turismo	16
2.1.5.8 Sector energético	16
2.1.5.9 Sector socioeconómico	17
2.2 Contexto del cambio climático	18
2.2.1 Contexto internacional del cambio climático	18
2.2.2 Contexto del cambio climático en América Latina	18
2.2.3 Contexto nacional del cambio climático	19
2.2.4 Contexto estatal del cambio climático	20
2.2.5 Contexto político de cambio climático a nivel internacional, nacional y estatal.....	22
2.3 Agricultura, ganadería y cambio climático	23
2.3.1 Efectos del cambio climático en el sector agrícola.....	23

2.3.2 Efectos del cambio climático en la ganadería bovina.....	24
2.3.3 Efectos de los eventos extremos del cambio climático en el sector agropecuario	25
2.3.4 Impactos del cambio climático en el sector agropecuario	26
2.3.5 Adaptación de la agricultura al cambio climático.....	28
2.3.6 Resiliencia en agroecosistemas.....	30
2.3.7 Estudios de caso.....	32
2.3.7.1 Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador.....	32
2.3.7.2 Estrategias de adaptación ante el cambio climático en las regiones cafetaleras de Coatepec y Huatusco, Veracruz, México.....	34
2.3.7.3 Caso de estudio: Chiapas, México.....	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1 Área de estudio.....	39
3.2. Metodología.....	40
3.3 Registros de temperaturas y precipitación histórica.....	41
3.4 Análisis de datos.....	41
IV. RESULTADOS	43
4.1. Caracterización socioeconómica.....	43
4.2. Caracterización socioeconómica por comunidad	45
4.3. Percepción de los pobladores hacia el cambio climático.....	48
4.4. Cambios en los modelos tecnológicos de producción agrícola que tengan relación por cambios en el clima	50
4.5. Procesos de mitigación y adaptación en la producción agrícola por parte de los pobladores.....	50
4.6. Datos históricos de precipitación y temperatura promedio de 1970 a 2017.....	51
V. DISCUSIÓN	53
5.1 Caracterización socioeconómica.....	53
5.2 Percepción de los pobladores hacia el cambio climático.....	55

5.3 Procesos de adaptación y mitigación en la producción agrícola	56
5.4 Precipitación y temperatura promedio de 1970 a 2017 en Tecpatán, Chiapas.....	57
VI. CONCLUSIONES	60
VII. LITERATURA CITADA.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Impacto de eventos climáticos extremos en el sector agropecuario.....	28
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Tecpatán y de las seis comunidades de estudio.....	38
Figura 2. Distribución de las edades del total de los entrevistados en las seis comunidades.....	43
Figura 3. Distribución la frecuencia de ocupación en las seis comunidades, se integran datos de mujeres y hombres.....	43
Figura 4. Datos promedio de la precipitación media mensual de 1970 a 2017. La medida se presenta en milímetros.....	51
Figura 5. Datos promedio de la temperatura media mensual de 1970 a 2017. La medida se presenta en grados centígrados.....	51

I. INTRODUCCIÓN

El clima, definido como la presentación de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado por un periodo de tiempo a largo plazo, ha variado durante la historia de la Tierra (Adamson *et al.*, 2018). Las variaciones en el clima se han presentado de manera natural por procesos internos del sistema climático como fenómenos atmosféricos manifestado por la variabilidad de sus propiedades persistente por periodos extendidos de tiempo (IPCC, 2013), sin embargo en la actualidad esta variabilidad natural ha sido alterada por actividades antropogénicas incidiendo en el cambio del clima con efectos indeseables (SEMARNAT, 2012).

El proceso de cambio climático en el mundo se han hecho evidente en las últimas décadas y se presenta como el mayor desafío a vencer en la actualidad para la humanidad, generando problemas económicos, ambientales, sociales, de política global y gobernanza (IPCC, 2012). La causa principal del cambio en el clima se debe al incremento de la temperatura promedio por el calentamiento global, repercutiendo de forma distinta en el planeta (Comisión Europea, 2009; Cárdenas, 2010). Un clima cambiante produce variaciones en la frecuencia, intensidad, extensión y duración de los fenómenos hidrometeorológicos, pudiendo causar a eventos climáticos extremos, como sequías, inundaciones, olas de calor, entre otros (Comisión Europea, 2009). Los impactos son de carácter irreversible afectando la biodiversidad, las condiciones atmosféricas, los ecosistemas terrestres y marinos, a los sistemas productivos e infraestructura (IPCC, 2007;OMS, 2009).

Este fenómeno es causado por procesos antrópicos que están ligados a los actuales modelos de desarrollo que se basa en un sistema económico que promueve el consumismo y el comercio, el cambio de uso de la tierra y la falta de políticas preventivas (Córdoba-Vargas y León-Sicard, 2013). Estos procesos arrojan a la atmósfera los denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (Cuatecontzi y Gazca,

2004), generado por la agricultura; energía y cambios de uso del suelo, residuos sólidos y procesos industriales.

Dentro de los sectores más vulnerables a los efectos del cambio climático, son quienes se dedican a actividades primarias como la agricultura, pesca y ganadería, principalmente los que habitan en países en vías de desarrollo ya que dependen en mayor proporción de su producción para sobrevivir.

El estado de Chiapas es un estado en el que el sector agropecuario es de gran relevancia, 40% de la población económicamente activa obtiene sus ingresos de este sector; sin embargo, se considera que la producción agropecuaria para el estado es baja, una de las posibles razones es la condición socioeconómica de la población rural, aún cuando en ese sector de la población los ingresos económicos dependen exclusivamente de las actividades agropecuarias. Los principales sistemas de producción para el estado son la ganadería mediante la producción de leche y carne, y en la agricultura la producción de maíz, café, caña de azúcar y frijol (Banco Mundial, CIAT, CATIE, 2014). De igual forma que en otros sistemas productivos, en ellos también se ven reflejados los efectos del cambio climático y la respuesta de la población ante tales efectos es diversa.

Respecto a los efectos del cambio climático identificados por pobladores del estado de Chiapas, se percibe un aumento en la temperatura ambiental y cambios en los patrones de lluvias (Medina *et al.*, 2019; Medina y Martínez, 2022). Se ha identificado una disminución en la producción pesquera y agropecuaria, así como el aumento de riesgos por eventos hidrometeorológicos (Medina *et al.*, 2019).

De manera más específica, en el municipio de Tecpatán se han realizado algunos trabajos de investigación en los que se identifican los problemas, adaptaciones y retos que productores agropecuarios enfrentan ante los efectos del cambio climático (Zárate *et al.*, 2020; Zárate y Medina, 2020). Refiriéndonos a la producción agrícola, en diversos ejidos los pobladores han identificado algunos problemas derivados del cambio climático sobre la producción de maíz, entre ellos los principales son el resecamiento del suelo, incremento de plagas y disminución de las cosechas

(Medina y Martínez, 2022). Respecto a la ganadería, en la producción bovina que es la principal en este municipio, los productores identifican una baja producción de leche y engorda de los animales (Zárate *et al.*, 2020).

Según datos de Jones y Thornton (2003) indican que para el año 2055 se espera una reducción de 10% en la producción de maíz en África y Latinoamérica, afectando a más de 40 millones de personas. Sin embargo, debido a que los efectos se han ido incrementando paulatinamente, las comunidades campesinas de manera empírica han respondido a estos a través de adaptaciones cambiando e innovando en la forma de producir y disminuyendo los riesgos con modificaciones en sus estilos de vida. Específicamente, con respecto a la producción agrícola en el municipio de Tecpatán, se tiene conocimiento de que los productores han implementado acciones para la adaptación ante el cambio climático, sin embargo, aún se desconocen en gran medida los impactos, la adaptabilidad y la capacidad de resiliencia de comunidades campesinas para reducir su vulnerabilidad.

1.1. Objetivos

Analizar las percepciones hacia los efectos del cambio climático y las adaptaciones en las prácticas agrícolas que han realizado en seis comunidades campesinas del municipio de Tecpatán, Chiapas, México. El presente objetivo general se cumplirá a través de los siguientes objetivos específicos:

- a) Conocer la percepción de los pobladores hacia el cambio climático.
- b) Identificar los cambios en los modelos tecnológicos de producción en relación con los cambios en el clima.
- c) Describir los procesos de mitigación y adaptación en la producción agrícola por parte de los pobladores.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cambio climático

2.1.1 Definición de cambio climático

El cambio climático es considerado como un desafío a nivel mundial, ha sido conceptualizado por varias instancias tanto a nivel internacional como nacional. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC¹, 1992) lo ha definido como: “Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante períodos de tiempo comparables” (p.3).

Para el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, el término cambio climático denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana. (IPCC², 2007, p. 30).

En México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC³, 2018) considera el cambio climático como uno de los problemas ambientales más importantes actualmente, y lo define como “Todo cambio significativo en el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo, el cual puede darse a partir de causas naturales, o como resultado de actividades humanas”.

¹Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

² Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

³ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Para efectos legales en México, en la Ley General del Cambio Climático publicada en el DOF⁴ (2012), lo define como: “Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables” (p. 2).

Derivada de la ley General del Cambio Climático, el Estado de Chiapas decreta la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de Chiapas (POE⁵, 2015), donde se define como: “ A la variación acelerada del clima, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima, observada durante periodos de tiempo comparables” (p. 8).

2.1.2 Calentamiento global

El cuarto informe de evaluación del panel intergubernamental sobre cambio climático establece que:

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como es evidente de las observaciones de las temperaturas globales promedio de la atmósfera y los océanos, del derretimiento de la nieve y hielo generalizado y del aumento global del nivel medio del mar. (IPCC-WGII⁶, 2007, p. 30).

Entre 1906 y 2005 las temperaturas promedio del aire aumentaron globalmente 0.74 °C [0.56 a 0.92] y las temperaturas oceánicas se han incrementado en profundidades hasta de 3,000 m. Desde hace 50 años el incremento de temperatura ha sido el máximo en los últimos 1,300 años (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla 2007).

⁴Diario Oficial de la Federación

⁵ Periódico Oficial del Estado de Chiapas

⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II

Se han presentado cambios en las precipitaciones, salinidad de los océanos, grandes sequías, lluvias torrenciales, ondas de calor y aumento en la frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales. De manera contraria, desde 1970, en las regiones tropicales y subtropicales se han registrado sequías más prolongadas. Los escenarios tendenciales proyectan un aumento de la temperatura en 0.2 °C por década, pronosticando un incremento 1.8 a 4.0 °C para el año 2100 (*op. cit.*).

El calentamiento global puede ser entendido de una forma simple como lo definen Benavides y León (2007): “El incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos Gases de Efecto Invernadero (GEI) que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales” (p. 31).

El término de el calentamiento global ha sido utilizado para describir el aumento en el promedio de la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas. Por otra parte se considera que es una teoría que predice, a partir de proyecciones basadas en simulaciones computacionales, un crecimiento futuro de las temperaturas (*op. cit.*).

Según registros históricos, desde 1750 se ha visualizado un aumento gradual en la temperatura global, así mismo se prevé que se seguirá registrando aumento en la temperatura causado por las emisiones de GEI producidas por las causas humanas, principalmente por el consumo de petróleo y carbón. Este es, la mayor amenaza global tanto ambiental como social y económica (Rodríguez y Mance, 2009).

Es por ello que el calentamiento global es uno de los problemas ambientales más preocupantes que la humanidad ha enfrentado, ya que se darán impactos negativos hacia los ecosistemas, cuerpos de agua, infraestructura, biodiversidad, productividad y salud (Olmos *et al.*, 2013).

Según el IPCC el origen del calentamiento global ha sido atribuido a acciones antropogénicas, principalmente por el consumo de combustibles fósiles, en particular petróleo y carbón, que emiten dióxido de carbono (CO₂). El mecanismo mediante el

cual el CO₂ y otros gases producen el calentamiento global se denomina “efecto invernadero” (Rodríguez y Mance 2009).

Los gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran en la atmósfera, como el CO₂ absorben parte de la radiación solar producida por la Tierra y la envían en todas las direcciones, el efecto neto de este fenómeno es el calentamiento de la superficie del planeta a la temperatura actual. Entre mayor sea la concentración de GEI mayor es la captura del calor, y viceversa. La atmósfera cuenta, precisamente, con una concentración justa de GEI para la existencia de la vida en la Tierra, sin ningún GEI en la atmósfera la Tierra tendría una temperatura 30 °C más fría, lo que lo haría inhóspito para la vida. En contraste, si su concentración fuese muchísimo más alta, la temperatura podría llegar a extremos tales que hiciesen de la Tierra un escenario no factible (Rodríguez y Mance 2009). El Protocolo de Kioto contempla las emisiones de seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbono (HFC), hidrocarburo perfluorado (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆) (Maqueda *et al.*, 2005).

Las emisiones de CO₂ son las principales responsables del calentamiento del planeta. Estas emisiones se producen debido al uso indiscriminado de los combustibles fósiles, cambios de uso de suelo y deforestación ya que los árboles y las plantas contienen carbono y al quemarse o descomponerse emiten CO₂ (Maqueda *et al.*, 2005; Rodríguez y Mance, 2009).

El metano es el segundo gas en orden de importancia. Sus principales fuentes de emisión son las actividades agropecuarias, un ejemplo de ello es el cultivo del arroz; además de la ganadería de rumiantes debido a la emisión producida por el proceso de fermentación entérica, la generación de residuos y el uso de la energía (*op. cit.*).

El óxido nitroso es un gas industrial que se genera por la producción de ácido nítrico y de ácido adípico y la utilización de abonos en la agricultura. El hidrofluorocarbono (HFC), el hidrocarburo perfluorado (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆) son gases industriales cuya permanencia activa en la atmósfera es muy alta. Las emisiones de HFC han aumentado ya que dicho gas ha sustituido a los

clorofluorocarbonos (CFC) prohibidos por el Protocolo de Montreal (porque empobrecen la capa de ozono) (Maqueda *et al.*, 2005).

A pesar de que el CO₂ es un GEI considerado con menor potencia que otros como los fluorocarbonados, el metano y el óxido nitroso, en los últimos cincuenta años ha tenido un incremento exponencial, por lo que tiene una abundancia relativa en la atmósfera y, por ende, se considera el principal GEI responsable del incremento de la temperatura. Una de las principales fuentes de emisión de CO₂ es el cambio del uso del suelo, principalmente provocado por la deforestación, esta actividad genera más emisiones que las producidas por el transporte, otras fuentes importantes aunque con menor emisión de CO₂ son la agricultura, la industria, la electricidad y el transporte (Rodríguez y Mance, 2009).

2.1.3 Adaptación

La adaptación al cambio climático ha sido definida por el DOF (2012) como todas aquellas medidas y ajustes en los sistemas humanos o naturales ante los cambios en el clima para moderar el daño o aprovechar sus beneficios.

El cambio climático representa un riesgo para la humanidad por lo que para disminuir sus efectos y riesgos debe existir un proceso de adaptación. Esto se debe dar mediante un proceso aprendizaje tomando en cuenta el conocimiento empírico y experiencia de las personas, comunidades, organizaciones, instituciones y ecosistemas, de tal forma que permitan reducir la vulnerabilidad. Ésta deriva de la fortaleza de las instituciones, recursos disponibles y capacidad de generar una respuesta anticipada y coordinada por parte de la sociedad y sus instituciones (Guido, 2017).

El proceso de adaptación conlleva a adoptar medidas orientadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante el cambio climático, vinculado a ajustes en modos de vida y producción necesarios para enfrentar a este fenómeno. Los ajustes deben ser construidos mediante un proceso de participación

social, que permita responder a las necesidades humanas y de los ecosistemas (PNUMA⁷, 2012).

La adaptación se considera como una serie de medidas en los sistemas naturales, y sociales como los productivos e infraestructura. Para México que por sus características físicas y sociales es considerado un país con un alta vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático, construir medidas de adaptación viables son de gran importancia. Por su naturaleza, las medidas de adaptación proporcionan beneficios inmediatos a la población a diferencia de las medidas de mitigación, que por sus acciones ofrecen resultados a largo plazo (Guido, 2017).

Dentro de las medidas de adaptación se incluyen las que son dirigidas para disminuir los efectos adversos del cambio climático actual o proyectado y en algunos casos aprovechar a los cambios que puedan beneficiar a la población (PNUMA, 2012).

Se distinguen dos tipos de adaptación (Smit *et al.*, 1999):

a) Adaptación reactiva: se da posteriormente de eventos perjudiciales por impactos adversos del cambio climático.

b) Adaptación anticipada: Se construyen de manera anticipada, tomando medidas preventivas a impactos causados por cambios en el clima proyectado, permite reducir la vulnerabilidad y limitar las consecuencias.

Se han propuesto varias opciones de adaptación con base en la experiencia y conocimiento de los efectos del cambio climático. Magrim (2015) propone tres grandes categorías, de las cuales varias opciones pueden encasillarse en más de una categoría.

a) Infraestructura: Enfocadas en la ingeniería y construcción del medio ambiente. Se basan en la capacidad del sistema natural para resistir el impacto del cambio

⁷Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

climático, pueden ser medidas efectivas y eficientes de adaptación y resultan menos dependientes de las proyecciones climáticas. En el sector agropecuario existen alternativas de adaptación basadas en la tecnología, como:

- Métodos de riego y fertilización que tengan mayor eficiencia.
- Almacen y cosecha del agua.
- Mejoramiento genético (razas y variedades) para una mejor tolerancia a factores de estrés.
- Cambios en el calendario de siembra basado en la estimación de rendimientos.
- Implementación de cartografías de riesgo.
- Uso de tecnologías para monitoreo.
- Utilización de biocombustibles de segunda generación.

b) Opciones sociales: Entre ellas se encuentran medidas de educación, información y comportamiento. La capacidad de adaptación social puede construirse a partir de la difusión de conocimientos sobre opciones para adaptación ante el cambio climático, para ello, el uso de programas educativos, divulgación de la ciencia, reuniones en comunidades, prácticas de extensionismo son factores claves para construir al capital social que promueva medidas de adaptación.

Las medidas de comportamiento son esenciales para avanzar en la adaptación, en el sector agropecuario algunas de ellas incluyen:

- Transformación y/o diversificación de los medios de subsistencia.
- Renovación de las prácticas agropecuarias.
- Cambio de cultivos.
- Realizar prácticas para la conservación del agua y el suelo.
- Migración laboral.

c) Opciones institucionales: Entre ellas se encuentran opciones económicas que incluyen incentivos financieros (impuestos y subsidios), seguros de catástrofe,

pagos por servicios ambientales, venta de bonos de carbono y fondos de contingencia de desastres. Así también se encuentran leyes y regulaciones y medidas de planificación, como la creación de áreas naturales protegidas y protección en el uso del suelo. La certeza en la tenencia de la tierra es un factor determinante para que los dueños del territorio puedan tomar decisiones, como por ejemplo el cambio de las prácticas agrícolas.

Algunos ejemplos incluyen:

- a) Aplicación de ordenamiento territorial y leyes de zonificación.
- b) Ley de Arrendamientos.
- c) Instruir los reglamentos para el uso de los recursos hídricos.
- d) Implementación de leyes que promuevan la disminución del riesgo de desastres.
- e) Promover leyes que fomenten la compra de seguros.
- f) Establecer y definir los derechos de propiedad y la tenencia de tierras; incluyendo las áreas protegidas.
- g) Pago de cuotas de pesca.

Las políticas y programas de gobierno consideran planes de adaptación nacionales y regionales, planes subnacionales y locales de adaptación, planificación y preparación para los desastres y planes sectoriales tales como:

- a) Gestión hacia un desarrollo eficiente, equitativo y sostenible de los recursos hídricos.
- b) Manejo de cuencas hidrográficas y paisaje.
- c) Gestión integrada de zonas costeras.
- d) Manejo adaptativo.
- e) Manejo basado en ecosistemas.
- f) Manejo sostenible de los bosques.
- g) Gestión de la pesca.
- h) Adaptación basada en comunidades.

2.1.4 Mitigación

Las estrategias de mitigación, están encaminadas a disminuir las emisiones netas de GEI, desde las fuentes de emisión o buscando aumentar la capacidad de absorción por los ambientes naturales. Las acciones de mitigación puede ser implementadas en todos los sectores como los productivos, transporte, energías, forestal e industrial.

Opciones dirigidas a la reducción de emisiones o absorción de GEI: (Garea *et al.*, 2021)

- Cambio de combustible fósiles a la generación de energías limpias.
- Medidas de eficiencia energética en el suministro y consumo.
- Manejo de residuos urbanos, industriales y agropecuarios.
- Conservación de bosques, selvas y humedales.

2.1.5 Consecuencias del cambio climático

2.1.5.1 Impactos en el sector agua

Se prevé que los efectos del cambio climático en los recursos hídricos serán extensos, pero con distinta intensidad en las regiones del planeta. En las latitudes altas se espera un incremento en las precipitaciones y escurrimientos, por lo se espera se incremente el acceso de agua, por otro lado, en latitudes medias y zonas subtropicales, se prevee disminución en las precipitaciones y el escurrimientos, causando escasez y mayor presión sobre los recursos hídricos. Estas condiciones ya se están registrando en algunas de las principales cuencas hidrológicas de México y, de no adoptarse medidas de adaptación, estará en riesgo la suficiencia alimentaria del país (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012). Aunado a ello, el sector agua se ha visto vulnerado por el crecimiento poblacional aumentando la demanda del suministro de agua. Aunado a eso, existe un incremento en la contaminación de los cuerpos de agua y básicamente nulo tratamiento de aguas residuales. Por otro lado, el cambio de uso de suelo en zonas de recarga acuífera

ha provocado una disminución en la infiltración del agua de lluvia (Sosa-Rodríguez, 2015).

En México la distribución del agua en el territorio y en las comunidades se da de forma inequitativa, ya sea por características físicas del sitio como en la zona norte donde se dan sequías prolongadas, ondas de calor, en tanto que en la zona sur las precipitaciones llegan a ser abundantes causando inundaciones (*op.cit.*).

2.1.5.2 Sector bosques

Los bosques favorecen la disminución de GEI al almacenarlos, sin embargo, debido a cambios en la temperatura y precipitación que pueden favorecer la aparición de plagas y enfermedades, así como la ocurrencia de sequías, incendios forestales, lluvias torrenciales, disminución de cuerpos de agua, estos ecosistemas pueden verse afectados (*op. cit.*).

Procesos como la urbanización y el modelo económico basado en el consumo de bienes y productos, han provocado aumento en la deforestación y degradación de los bosques, incrementando los incendios forestales y disminuido los servicios ambientales como el secuestro de carbono, recarga de acuíferos, infiltración del agua de lluvia, disminución de temperatura ambiental entre otros (Sosa-Rodríguez 2015). Por el cambio de uso de suelo, se han perdido aproximadamente 250,000 km² de bosques tropicales, 129,000 km² de bosques templados, 155,000 km² de arbustos y 83,000 km² de pastizales (SEMARNAT⁸, 2005).

2.1.5.3 Sector agrícola

Un sector muy vulnerable al cambio climático es el sector agrícola, ya que se prevén sequías prolongadas y continuas, aumentos en la ola de calor, lluvias torrenciales causando inundaciones y con ello afectar a los cultivos, sobre todos a los que son

⁸Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

de temporal, afectando a agricultores y la seguridad alimentaria de México. La degradación del suelo y bosques han causado el agotamiento del agua y a la vez afectando a la productividad agrícola. La demanda de agua para uso agrícola aumentará debido al Cambio Climático; actualmente la actividad agrícola consume el 77 % a nivel nacional (CONAGUA⁹, 2011).

Por el aumento en la migración del campo hacia las ciudades, miles de hectáreas de cultivo se encuentren abandonadas, por otro lado, el abuso de agroquímicos ha provocado que disminución en la productividad del suelo. Asimismo, las prácticas agrícolas no se han tecnificado, no existe infraestructura, apoyo financiero o información climática que permita que los campesinos puedan hacer frente a los impactos del cambio climático (Sosa-Rodríguez, 2015).

2.1.5.4 Sector biodiversidad

La presencia de especies es fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas que regulan el agua y el aire. En los últimos años, la pérdida de biodiversidad se encuentre entre mil y diez mil veces más que la tasa de los últimos 60 millones de años. Entra las principales causas se encuentran la pérdida de bosques y selvas, contaminación, introducción de especies exóticas invasoras entre otras. En los próximos años se espera que la modificación del clima sea un factor de extinción de especies ya que no se podrán adaptar a los cambios climáticos acelerados (Rodríguez y Mance, 2009).

México es considerado un país megadiverso debido a la variedad de climas presentes en su territorio, sin embargo esta característica lo hace más vulnerable a los cambios en el clima, por lo que es indispensable estudios sobre las consecuencias que el cambio climático pueden tener sobre los ambientes naturales y especies, con la finalidad de disminuir su vulnerabilidad. Por los cambios en el clima, algunas especies podrían extinguirse en los próximos años. Los ecosistemas

⁹Comisión Nacional del Agua

naturales más frágiles como los bosques tropicales, humedales, y bosques húmedos serán afectados grandemente y algunas especies se extinguirán. Se prevén impactos negativos a las especies como la migración hacia sitios con características climáticas similares a sus hábitats, pérdida de capacidad reproductiva y cambios en su morfología por procesos de adaptación (Sosa-Rodríguez, 2015). Existe evidencia de anfibios y aves que hoy habitan en altitudes donde no existían registros (Rodríguez y Mance, 2009).

2.1.5.5 Sector transporte

El sector transporte es considerado una de las principales fuentes de GEI debido al uso de combustibles fósiles, también es considerado un sector frágil ya que la infraestructura constituida para este sector podría verse dañada. Por la presencia de escurrimientos y cuerpos de agua, se proyecta que la infraestructura portuaria y carreteras en las costas serán más dañadas (Sosa-Rodríguez, 2015).

Otro aspecto de la vulnerabilidad en el sector transporte, es la falta de estrategias de adaptación ante los impactos locales del cambio climático, incrementando la vulnerabilidad del sector a inundaciones y deslizamientos. En muchas ciudades, la presencia de vehículos automotores está por encima de las vialidades existentes, lo que provoca mayores emisiones de GEI por el tráfico presente (*op. cit.*).

2.1.5.6 Sector salud

De acuerdo con datos de la COFEPRIS¹⁰ (2017) el sector salud se verá principalmente vulnerado antes los efectos del cambio climático, ya que diversas enfermedades serán atribuidas a ciertos factores de riesgo como químicos de la agroindustria y contaminación atmosférica, por mencionar algunos.

Las variaciones en el clima favorecerán la aparición de enfermedades, el aumento del calor y de días e intensidad del frío, aumentando la presencia de enfermedades

¹⁰Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

y de la mortalidad en el país. En el norte, se esperan muertes debido a la aparición de temperaturas superiores a 50 °C. Para el caso del sur de México, enfermedades tropicales como el dengue y malaria se incrementarán (Sosa-Rodríguez, 2015).

Por otro lado, las olas de calor e incremento de calor causan afecciones en la salud de personas en condiciones de vulnerabilidad como ancianos, niños y pobres, ya que son más propensos a sufrir deshidratación, golpes de calor, y enfermedades gastrointestinales por bacterias y parásitos (*op. cit.*).

Aunque en México actualmente no existe un diagnóstico del impacto de las condiciones ambientales derivadas del cambio climático sobre la salud de la población, se ha estimado que un 35 % de las enfermedades pueden ser causadas directamente por efecto de las exposiciones ambientales (COFEPRIS, 2017).

2.1.5.7 Sector turismo

Se espera que la temperatura superficial del mar en el Caribe, Golfo de México y Pacífico mexicano podría aumentar hasta 2 °C, provocando aumento en la frecuencia e intensidad de huracanes, olas de calor, tormentas y sequías, afectando al turismo de playa en el país. Debido al derretimiento de los glaciares en el mundo, se espera un aumento en el nivel medio del mar afectando al turismo y la población que habita las áreas costeras, como daños en la infraestructura turística. Por otro lado, la pérdida de selvas de manglar provoca el aumento de los impactos de eventos hidrometeorológicos, afectando a la población y actividades económicas de estas zonas (Sosa-Rodríguez, 2015).

2.1.5.8 Sector energético

El aumento poblacional y el modelo económico basado en el consumismo, han demandado grandes cantidades de producción de bienes y servicios, así como el incremento en el consumo de energía, generando emisiones de GEI y con ello variaciones en la temperatura y precipitación. Con respecto a México, en el norte existe un alta demanda de energía debido al uso de los sistemas de aire

acondicionado por las altas temperaturas. La frecuencia de fenómenos naturales extremos pondrá en peligro la infraestructura para la producción de energía (electricidad y petróleo). Un ejemplo de ello es que las temperaturas más altas reducirán la eficiencia en la transmisión de electricidad y la generación de energía (*op. cit.*).

La infraestructura existente en la actualidad para la generación de energía es insuficiente para satisfacer la demanda de electricidad en el país. Infraestructura utilizada para la generación de electricidad, así como para la extracción y transformación del petróleo, se encuentra en zonas vulnerables a fenómenos hidrometeorológicos extremos. La infraestructura petrolera ubicada dentro del Golfo de México están expuestas a huracanes, así como el funcionamiento de las hidroeléctricas también podría ser afectado por fuertes lluvias y sequías (*op. cit.*).

2.1.5.9 Sector socioeconómico

En diferentes sectores y actividades productivas, México es un país altamente vulnerable ante los impactos del cambio climático. Se considera que los costos acumulados derivados del cambio climático serían comparables a perder entre el 50 y el 200 por ciento del producto interno bruto del año 2010, aunque se espera que las grandes ciudades sean las más afectadas, por incrementos en la temperatura anual derivado del fenómeno conocido como islas de calor, en el que la temperatura podría llegar a ser hasta de más de 8 °C (INECC¹¹, 2018).

El aumento en las sequías y lluvias intensas afectarán a la agricultura de granos básicos, por lo que agricultores se verán afectados en sus ingresos económicos, amenazando la seguridad alimentaria y la salud de las personas. El acceso y la calidad del agua podría disminuir por aumento en la temperatura ambiental, reducción en la precipitación pluvial y desecación de cuerpos de agua. La escasez del agua provocará conflictos sociales (Sosa-Rodríguez, 2015).

¹¹ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Las poblaciones más vulnerables al cambio climático son aquellas que se encuentran de manera irregular, ya que generalmente se ubican en zonas propensas a ser afectadas por inundaciones, deslizamientos o escurrimientos, sin acceso a servicios básicos. Derivado de todo lo anterior, se proyecta que exista migración de áreas rurales a zonas urbanas, aumentando la densidad poblacional y por ende incrementando la demanda de servicios (*op. cit.*).

2.2 Contexto del cambio climático

2.2.1 Contexto internacional del cambio climático

Los países suscriben acuerdos internacionales con la finalidad de emprender acciones de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático. Los compromisos constituyen la base de la justicia ambiental ya que han sido el sustento legal y argumentativo en los litigios ante tribunales nacionales e internacionales. Los más relevantes son: La Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano (1972); la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) derivada de la Cumbre de la Tierra en Rio de Janeiro (1992); el Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1997); El Plan de Acción de Balí; el Acuerdo de Copenhague (2009); el Mecanismo internacional de Varsovia para las pérdidas y los daños relacionados con las repercusiones del cambio climático; los Acuerdos de Paris de 2015; la Conferencia de Bangkok y Conferencia de Katowice (2018); y la Conferencia de Bonn (2019) (de Paz, 2021).

2.2.2 Contexto del cambio climático en América Latina

En base al 4º Informe de Evaluación del IPCC, las consecuencias del Cambio Climático serán muy drásticas en América Latina y el Caribe. Esto debido a las características físicas de los territorios como presencia de abundantes cuerpos de agua, orografía, estar ubicado en zonas tropicales y neotropicales, además que existe población en pobreza. Se espera que las tierras semiáridas sean reemplazadas por zonas áridas, zonas con presencia de vegetación tropical como

en el Amazonas y Mesoamérica sufrirán estrés hídrico y la vegetación se convertirá en sabana. La pobreza y vulnerabilidad aumentará producto de la pérdida de capacidad de producción primaria, aumento en la intensidad de fenómenos hidrometeorológicos, migración, contaminación entre otras consecuencias. La infraestructura social y económica se verá disminuida (Conde-Álvarez y Saldaña-Zorrilla 2007).

En América Latina y El Caribe no existen políticas públicas reales y con visión de futuro para enfrentar al cambio climático, las acciones esporádicas que se presentan son principalmente para mitigar sus efectos. La adaptación no ha sido planteada adecuadamente, por lo que productores primarios principalmente aquellos de subsistencia serán quienes se verán mayormente afectados. El aumento en la intensidad de eventos climáticos adversos se verá potenciada ante poca capacidad de respuesta preventiva o correctiva por parte de los países. Por esto, los gobiernos deben de plantear acciones basadas en información viable y con planeación basada en territorios locales, deben de ser incluyentes y responder a condiciones sociales, económicas, culturales y ambientales locales (*op. cit.*).

2.2.3 Contexto nacional del cambio climático

En México, para el periodo 2020-2100, se proyecta un posible incremento de la temperatura media anual entre 0.5 y 4.8°C, una reducción en la precipitación que puede ir del 5% en verano hasta un 15% en invierno y un retraso hasta otoño en la temporada de lluvias, por lo que se prevee que tendrá graves repercusiones para el país, afectando varios sectores, grupos y ecosistemas en diferentes escalas en tiempo y espacio (Sosa-Rodríguez 2015).

El trabajo realizado por Ruíz-Corral *et al.* (2016) identifica la forma en que el cambio climático en México se manifestará a nivel regional para el año 2050, ello respondiendo a características de cambio térmico y cambio en precipitaciones. Respecto al primero, se estima que se producirá en ambos ciclos: primavera-verano y otoño-invierno; sin embargo, se considera una mayor tendencia hacia la primavera-verano con un incremento de 2-3 °C, a diferencia de 1-2 °C en otoño-

invierno. Respecto a los cambios pluviales, se estima un decremento de -50 a -10 mm en ambos ciclos: primavera-verano y otoño-invierno.

De acuerdo con datos del BM¹² (2010) 15 % del territorio nacional, 68.2 % de la población mexicana y 71 % del producto interno bruto (PIB) están propensos a sufrir las consecuencias negativas de los efectos del CC, por lo que México se considera una de las naciones más vulnerables. Se considera que las acciones de adaptación planteadas para disminuir los efectos del Cambio Climático en la población deben incluir la construcción de infraestructura acorde a los cambios esperados, la generación de fuentes de energías limpias, sensibilización social, estímulos económicos y reducción de la vulnerabilidad (Sosa-Rodríguez 2012).

El principal instrumento de política con que cuenta México para enfrentar el cambio climático es la Ley General de Cambio Climático (LGCC¹³, 2017), el cual tiene como objetivo regular, fomentar y posibilitar la instrumentación de la política nacional de cambio climático, además de incorporar acciones de adaptación y mitigación con un enfoque participativo, sistemático, descentralizado, integral y de largo plazo.

2.2.4 Contexto estatal del cambio climático

Debido a las características ambientales y socioeconómicas con que el estado de Chiapas cuenta, se considera indispensable tener presente el tema de cambio climático. En años recientes, la presentación de eventos hidrometeorológicos que tienen como consecuencias desastres naturales y por ende, grandes daños, hacen que el estado y los chiapanecos sean altamente vulnerables. Como ejemplo de ello se puede mencionar que en el año 2010, 43 localidades de 22 municipios del estado fueron afectadas por desastres ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos (Sistema Estatal de Protección Civil, 2010).

¹² Banco Mundial

¹³ Ley General de Cambio Climático

Los registros históricos globales de temperatura y de presentación de fenómenos hidrometeorológicos como huracanes, sequías, lluvias torrenciales y olas de calor, muestran un incremento en su intensidad y frecuencia. Estos eventos han provocado inundaciones, pérdida y empobrecimiento de suelos, daños a cultivos y ganado, disminución de cauces de agua y deslaves (PACCCH¹⁴, 2011).

En el año 2005, Chiapas emitió 28,161,080 toneladas de CO₂e, proviniendo en primer lugar por el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura, principalmente por la deforestación y degradación forestal causada por el avance de la frontera agropecuaria. Como la segunda causa se encuentra la agricultura y ganadería bovina extensiva y dieta altamente generadora de metano (CH₄), además del excesivo uso de fertilizantes de suelo generando dióxido nitroso (N₂O). El tercer sector es el energético, generado por el uso de combustibles fósiles utilizados en el transporte por vehículos automotores. Por último, se encuentran las generadas por desechos de los residuos sólidos y aguas residuales cobran importancia y los procesos industriales. La producción de ganadería bovina ocupa el 33 % de la superficie terrestre del estado de Chiapas, siendo una de las principales actividades primarias junto con la producción de granos básicos para autoconsumo. La ganadería bovina se da de forma extensiva, con un bajo coeficiente de agostadero, causando deforestación y sobre explotación de recursos como el agua, se produce de manera incipiente en hatos pequeños y pocos productivos por lo que no existe un beneficio económico importante para los productores (*op. cit.*).

Las diversas prácticas agroforestales promovidas en áreas ganaderas ayudan a la disminución de la deforestación en el estado. Otro aspecto importante es el conocimiento en la producción rural, en donde los campesinos aprovechan y manejan de forma integral la agricultura de cultivos básicos, como maíz y frijol, el manejo forestal y la producción animal (Villanueva *et al.*, 2010).

¹⁴ Programa de Acción ante Cambio Climático del Estado de Chiapas

Las condiciones climáticas diversas que existen en el Estado de Chiapas, han estimulado la promoción de prácticas ganaderas sustentables como parcelas silvopastoriles, ganadería regenerativa, reconversión productiva de potreros, apertura de mercados especializados y estímulos económicos con el fin de mitigar y adaptarse al cambio climático la producción ganadera (PACCCH, 2011).

2.2.5 Contexto político de cambio climático a nivel internacional, nacional y estatal.

La Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMNUCC) fue firmada en el año 1992 en Río de Janeiro, Brasil. Esta convención entró en vigor en 1994 y la finalidad fue contar con un marco jurídico que promoviera y obligara a los países firmantes a establecer medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático global con acciones locales. El principal objetivo fue estabilizar las concentraciones atmosféricas de GEI a 450 ppm con el fin que el aumento de la temperatura global no supere el rango de 2 °C, que provoque un cambio en el clima con consecuencias catastróficas. México como país firmante de la convención, estableció una serie de compromisos para formular acciones de mitigación y adaptación a fin de disminuir los problemas derivados de los posibles efectos del cambio climático. En 1996 se publicó el estudio: México ante el Cambio Climático, en el cual se establecen los primeros compromisos y metas nacionales, posterior a ese documento se han presentado cuatro Comunicaciones Nacionales más ante la CMNUCC. También se cuenta con la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático en 2007 y el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012. (PACCCH, 2011). El PECC, contribuye a la solución del problema del cambio climático, que es una gran amenaza a nivel nacional para el desarrollo, la integridad del capital y el bienestar humano. Se plantean trayectorias de mitigación con una visión a largo plazo hacia los años 2020, 2030 y 2050. El programa presenta 105 objetivos y 294 metas cuyo objetivo es comprometer a las dependencias del gobierno federal para que sean realizadas para tomar medidas de mitigación y adaptación. Tanto el PECC como el PACCCH, son instrumentos de políticas que presentan acciones que se vinculan para la mitigación y adaptación (PACCCH, 2011).

El PACCCH, se enfoca en medidas de mitigación y adaptación que los chiapanecos pueden efectuar en sus actividades dentro de los ecosistemas. Este programa establece un marco para que el tema del cambio climático sea abordado por el gobierno de Chiapas de manera transversal y se encuentra fundamentado en la situación real del estado y la ciencia, además que permite un diálogo con la sociedad del estado (*op. cit.*)

2.3 Agricultura, ganadería y cambio climático

2.3.1 Efectos del cambio climático en el sector agrícola

Debido a que la producción agrícola es muy sensible a los cambios climáticos (temperatura y precipitación principalmente), se considera que es uno de los sectores productivos más vulnerables a los efectos del cambio climático. De acuerdo con modelos climáticos se considera que las condiciones del clima cambiarán de manera dramática, principalmente se verán cambios extremos de temperatura, precipitación y se espera una mayor frecuencia y severidad en la presentación de huracanes y sequías. Por lo que estos cambios afectaran el bienestar de los productores y sus familias, al impactar sus efectos en la producción agrícola y por ende en la variación de los ingresos (Viguera *et al.*, 2017).

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la agricultura en la actualidad es el cambio climático, ya que altera la agroclimatología de la que depende la realización de las actividades agrícolas (Medina-García *et al.*, 2016), además de generar pérdidas económicas, propiciar el entorno para conflictos sociales y por ende, se pone en riesgo la seguridad alimentaria de la población (Arteaga y Burbano 2018).

A nivel nacional, se considera que el impacto del CC en la agricultura se ve reflejado por los cambios en la precipitación pluvial, que impacta en la presentación de sequías e inundaciones, lo que puede llevar a la destrucción o nula producción de cultivos, sobre todo aquellos que son de temporal, con ello se puede ver afectada la estabilidad económica de los productores agrícolas y la seguridad alimentaria de

los mexicanos. Además, otros factores que afectan la producción agrícola son la falta de agua y la degradación del suelo, por lo que se considera que el cambio climático incrementará la necesidad de agua para esta producción (Sosa-Rodríguez, 2012). Datos de CONAGUA (2011) indican que el sector agrícola consume un 77 % del volumen total de agua que se abastece a nivel nacional, convirtiéndose en el principal usuario.

Por otra parte, ciertas acciones incrementan la vulnerabilidad del sector agrícola mexicano ante el CC, entre ellas se pueden mencionar: a) la migración del sector rural hacia las ciudades, lo que ha ocasionado el abandono de miles hectáreas de cultivo; b) el uso intensivo de plaguicidas y sistemas de riego ineficientes que reducen la productividad, por ejemplo, aún se pueden encontrar muchos sitios en los que el riego se hace por gravedad; c) se requiere de infraestructura, apoyo económico y capacitación para que los productores pueden afrontar los impactos del cambio climático (Sosa-Rodríguez, 2012).

2.3.2 Efectos del cambio climático en la ganadería bovina

A nivel mundial, el 40% de la producción agropecuaria está representado por la producción de carne y lácteos, siendo el medio de subsistencia para 1,300,000,000 de personas, estos sistemas de producción tienen una tasa de crecimiento mayor si se compara con producciones agrícolas. Se ha estimado que para el año 2050 a nivel mundial, la producción de carne pasará de 229 millones de Toneladas a 465 millones de Toneladas, y la producción de leche pasará de 580 millones de Toneladas a 1043 millones de Toneladas (Bulman y Lamberti, 2011). La producción de ganado bovino en México ocupa el 53.7% de territorio a nivel nacional y contribuye con aproximadamente 40% del Producto Interno Bruto (PIB) del sector agropecuario para el estado de Chiapas en donde la producción es principalmente basada en un modelo de ganadería extensiva, cuyo impacto ecológico es muy alto (Grupo de ganadería sustentable de bajas emisiones, 2016). Debido a que la producción ganadera se ve afectada directamente por cambios en la precipitación, temperatura, presentación de fenómenos naturales extremos (inundaciones,

sequías), el cambio climático a nivel mundial puede afectar de manera importante esta actividad, pues es uno de los sectores productivos con mayor vulnerabilidad.

Según Lok (2012) algunos efectos del cambio climático que pueden afectar a la ganadería son:

- Presentación de eventos climáticos extremos con mayor frecuencia (inundaciones, sequías, etc.).
- Incremento del nivel del mar, los sistemas de producción costeros serían los más afectados.
- Modificación de zonas climáticas y agroecológicas, por lo que al adaptarse a las nuevas condiciones, los ganaderos pueden poner en peligro especies de flora y fauna.
- Se incrementaría el desequilibrio en la producción de alimentos entre regiones en extremo diferentes (frías y templadas, tropicales y subtropicales).
- Enfermedades transmitidas por vectores y plagas se propagarían hacia lugares donde no existían.
- Menor disponibilidad de agua tanto para el consumo del ganado como para otras actividades.
- Menores condiciones de bienestar animal.
- Disminución en la producción ganadera por los factores anteriormente mencionados e incremento en la tasa de mortalidad.

2.3.3 Efectos de los eventos extremos del cambio climático en el sector agropecuario

El tipo de sistema de producción agropecuaria y la ubicación geográfica en la que se encuentra influyen en el impacto del cambio climático. (Mendelsohn *et al.*, 2007). Un ejemplo de ello son las producciones agropecuarias desarrolladas en regiones ecuatoriales, con altas temperaturas, cercanas a los límites tolerables máximos, cuya ubicación geográfica las hace muy vulnerables a los efectos del cambio climático (Ortíz, 2012).

La interacción entre el clima, suelo, agua, topografía, especies de cultivo, tipo de ganado y árboles dentro de los agroecosistemas influyen en los efectos que cada país tendrá ante el cambio climático. Sin embargo, las zonas semiáridas y áridas se pueden ver especialmente afectadas por las condiciones con las que prevalecen entre ellas se pueden mencionar menores precipitaciones, temperaturas extremas mayores a 2°C, mayores inundaciones y con ello se afecta la seguridad alimentaria.

Se considera que la productividad ganadera y agrícola de Latinoamérica y el Caribe puede disminuir para finales de este siglo. Además se estima que en regiones del sur y centro de Chile, sudeste de Brasil y la costa de Perú, la desertificación y salinidad de los suelos pueden llegar a afectar al 50 % de las tierras empleadas para la agricultura (Rodríguez, 2007). Por lo que, aún con acciones de adaptación de la producción agropecuaria al cambio climático, se considera que para países de América Latina y el Caribe para el año 2010 se pueden tener pérdidas en los ingresos de la agricultura por un 12 a 50 % (de la Torre *et al.*, 2009).

En el cuadro 1 publicada por Arteaga y Burbano (2018) se presentan los efectos del cambio climático esperados a causa de eventos hidrometeorológicos extremos, para lo cual se tomaro en cuenta datos emitidos por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

2.3.4 Impactos del cambio climático en el sector agropecuario

De acuerdo con Nelson *et al.* (2009), los impactos del cambio climático en la agricultura y el bienestar humano incluyen:

a) Efectos biológicos en el rendimiento de los cultivos. El rendimiento de los cultivos se ve directamente afectado tanto por el incremento en la temperatura como por el cambio en la presentación de las lluvias, así también los cultivos de riego se ven afectados por la disponibilidad de agua.

Cuadro 1. Impacto de eventos climáticos extremos en el sector agropecuario (Tomado de Arteaga y Burbano, 2018).

Eventos del cambio climático	Efectos en el sector agropecuario
Olas de calor y frío. Incremento de las temperaturas máximas y mínimas.	<ul style="list-style-type: none"> – Animales y especies nativas incrementan niveles de estrés por temperaturas extremas (calor y frío). – El riesgo de daño en los cultivos se incrementa.
Incremento en la intensidad de la precipitación	<ul style="list-style-type: none"> – Erosión de los suelos aún mayor. – Afectaciones a la infraestructura física. – Daños en las comunicaciones viales derivada de derrumbes.
Incremento de inundaciones y sequías relacionados con los fenómenos del niño y de la niña	<ul style="list-style-type: none"> – Productividad de la tierra agrícolas menor. – Zonas de producción agroecológicas desplazadas. – Disminución y/o pérdida de la biodiversidad. – Complicaciones en la obtención de insumos para la alimentación del ganado. – Incremento de los precios al consumidor. – Reservas de agua con menor calidad y cantidad. – Escasez de agua para riego. – Mayor riesgo de inundaciones e incendios. – Mayor presentación de enfermedades en los cultivos y plagas. – Aumento de los procesos de desertificación. – Seguridad alimentaria en riesgo. – La calidad de las condiciones de vida de los campesinos se ven disminuidas. – Migración del sector rural a las ciudades.
Aumento del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> – Erosión de los suelos – Suelos salinizados. – Menor calidad del agua para la producción agrícola. – Animales marinos con patrones de distribución y migración alterados. – Inundaciones.

b) Impacto sobre precios. El cambio climático causa un incremento en los precios mundiales de los principales cultivos agrícolas como el maíz, arroz, soya y trigo. Aún cuando no hubiera impacto del cambio climático sobre estos cultivos, habría un aumento en el precio de estos cultivos; sin embargo, como resultado del cambio climático se estima que el precio del maíz incremente de un 52 a 55 %, el del arroz entre un 32 a 37 %, la soya entre un 11 y 14 % y para el caso del trigo, se espera un incremento tan alto como del 94 al 111 %.

Para la ganadería, se considera que el cambio climático no es un factor que incremente directamente los precios de venta, sin embargo, el incremento en el precio del forraje que consume el ganado es lo que impactaría sobre el precio de la carne, por lo que se estima que para el año 2050, el precio de la carne de res se incrementaría en un 33 % sin efectos del cambio climático, pero en un 60 % considerándolo.

c) Impactos sobre consumo de alimentos. Se considera que la oferta, la demanda y los precios, en conjunto con los ingresos per cápita y las preferencias personales determinan la producción agrícola para el consumo humano. Sin embargo, el cambio climático puede causar efectos negativos en el bienestar, ya que reduce levemente el consumo de carne y causa la disminución del consumo de cereales. Se estima que sin los efectos del cambio climático, habría una disminución en el consumo de cereales per cápita entre los años 2000 y 2050 en países en vías de desarrollo, y que a la par, habría un incremento en el consumo de carne.

2.3.5 Adaptación de la agricultura al cambio climático

Para que la agricultura realice el proceso de adaptación ante los efectos del cambio climático, se deben contemplar escenarios como el aumento de temperatura, escasez de agua, cambios en la época de cultivo siendo más cortos generalmente, y hay que considerar que tienen un triple impacto ya que inciden a nivel local en cada producción pecuaria, a nivel nacional y a nivel global (Rodríguez, 2007).

Aunque se han mencionado los impactos negativos del cambio climático en la producción agrícola, aún se tiene la oportunidad de implementar agroecosistemas eficientes y compatibles con el medio ambiente. Sin embargo, la forma en que cada productor agropecuario se adapta al cambio climático va a depender de las decisiones que tome respecto a la elección de cultivos y producción pecuaria, ya sean cultivos y razas de animales resistentes al clima, implementación de prácticas agroecológicas, diversificación de los sistemas pecuarios productivos, o bien, hasta opciones por cambiar las actividades económicas a las que se dedican, incluso si ello implica el abandono de la agricultura si no es redituable. Las medidas de adaptación ante los efectos del cambio climático son diversas; en el caso del suelo se incluyen medidas para controlar la erosión, los cambios en el uso del suelo, el mantenimiento de su fertilidad y la aplicación de fertilizantes. Por otra parte también se realiza la construcción de represas para captación de agua de riego, introducción de cultivos resistentes a la sequía y temperaturas extremas, razas de animales resistentes a condiciones climáticas extremas, intensificación de los sistemas de producción agropecuaria de manera sostenible. Además se ha implementado el diseño de una política ambiental que haga frente al cambio climático, empleo de seguros para la producción agropecuaria que sean acordes a las condiciones climáticas (Ortíz, 2012).

Para incrementar la resistencia al cambio climático, se fomenta la agrobiodiversidad y la adaptación de los agroecosistemas a las condiciones locales. Ejemplo de ello es el uso de razas locales, que responden mejor a condiciones de cambio climático en comparación con razas de origen externo, por lo que la crianza comunitaria de especies locales puede contribuir a adaptar al ganado a condiciones de climas extremos. Así también, los sistemas agrosilvopastoriles ayudan a alcanzar buenos niveles de productividad en los agroecosistemas aún en condiciones adversas. La adaptación que los sistemas de producción agrícola realicen dependerá también de la combinación de cultivos y razas de animales de acuerdo al clima presente y de su mejoramiento para enfrentar los cambios climáticos externos (*op. cit.*).

2.3.6 Resiliencia en agroecosistemas

Resiliencia se define como la propensión de un sistema de retener su estructura organizacional y su productividad tras una perturbación. La resiliencia comprende dos aspectos importantes: la resistencia de un sistema a los eventos extremos y la capacidad para que ese mismo sistema se recupere. Un ejemplo de ello es decir que un agroecosistema es resiliente si a pesar de haber enfrentado eventos adversos como una gran sequía o una tormenta, puede ser capaz de producir alimentos (Lin, 2011).

Ejemplos de resiliencia ante el cambio climático se presentan en los sistemas agrícolas diversificados como policultivos, sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles. Entre ellos, los sistemas agroforestales con su gran complejidad estructural han servido como amortiguadores ante las fluctuaciones de temperatura, lo que permite mantener al cultivo principal lo más cercano posible a sus condiciones óptimas (Morais *et al.*, 2006; Lin 2007).

La diversificación de los sistemas agrícolas proporcionan beneficios muy relacionados como la regulación del agua, incremento en las reservas de carbono, mayor biodiversidad, mejores condiciones micro climáticas; de ello no sólo se benefician los productores al obtener bienes y servicios ambientales, sino que también permiten una mejor resiliencia a los efectos adversos del cambio climático (Altieri y Nicholls 2013), algunos ejemplos de ellos son:

a) Cultivos intercalados, es decir, el cultivo simultáneo de dos o más especies en una misma tierra, proporciona a los agricultores la producción simultánea de varios cultivos y con ellos se minimiza el riesgo.

b) Policultivos: A diferencia de los monocultivos, este tipo de producción permite que la disminución de la productividad en la época de sequía sea menor, además que genera una mayor estabilidad en los rendimientos.

c) Sistemas silvopastorales intensivos: En estos sistemas se implementa la combinación de pastizales y palmeras mejorados con árboles forrajeros sembrados a una alta densidad. La producción ganadera se lleva a cabo con una carga animal alta, pastoreo rotativo apoyado de cercas eléctricas, agua ad libitum, por lo que en estos sistemas se logra una buena producción de carne y leche.

Ante los cambios en el clima que se presentan de manera errática, la diversificación de cultivos se presenta como una estrategia que los agricultores pueden implementar a largo plazo, ya que esta diversificación puede contribuir a disminuir la vulnerabilidad de los sistemas productivos (Altieri y Nicholls, 2013).

Aunque las estrategias agroecológicas para incrementar la resiliencia ecológica de los sistemas agrícolas son esenciales, no se consideran suficientes para alcanzar la sostenibilidad, ya que la resiliencia social debe estar fuertemente vinculada con la resiliencia ecológica. La resiliencia social se define como la capacidad del sistema social (grupos o comunidades) para responder o adaptarse a condiciones adversas ya sean a causa de estrés, de tipo social, ambiental o político. Para que las comunidades rurales sean resilientes, deben ser capaces de amortiguar las perturbaciones adoptando métodos agroecológicos que son difundidos por medio de la acción colectiva y la auto organización (Tompkins y Adger, 2004).

A través de la consolidación local o regional de redes sociales, se puede reducir la vulnerabilidad social y contribuir a aumentar la resiliencia en los diferentes agroecosistemas. La capacidad de adaptación se observa en la forma en que las condiciones sociales y agroecológicas de individuos o grupos permiten responder de manera resiliente al cambio climático, aunque ésta capacidad de respuesta no siempre llega a ser sostenible. Por lo que es importante identificar las que son de utilidad para intensificarlas y con ello reuducir la vulnerabilidad. Un componente clave de la resiliencia son las estrategias de organización social utilizadas por los productores para enfrentarse a circunstancias adversas, entre ellas podemos mencionar redes de solidaridad e intercambio de alimentos (Altieri y Nicholls, 2013).

2.3.7 Estudios de caso

2.3.7.1 Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador.

Campos *et al.* (2013) realizaron dos estudios de caso indagando las estrategias que pobladores de dos zonas rurales en México y El Salvador han implementado ante las afectaciones por el cambio climático. Para el caso de México, el estudio se realizó en el ejido de Ichamino, ubicado en una zona rural del estado de Michoacán. Para los pobladores del ejido, sus principales preocupaciones están enfocadas en la gestión del agua, aspectos como la prevención de la deforestación, la erosión del suelo y la disminución de su fertilidad.

Por otra parte, para el caso de estudio de El Salvador, éste se realizó en el Área Natural de Cinquera, que se encuentra en una región montañosa al norte de ese país, dentro de los municipios de Cinquera y Tenancingo, esta población está íntimamente relacionada con actividades agropecuarias y los problemas a causa del cambio climático que identificaron son principalmente por la presión por el cambio de uso de suelo que tiene como consecuencias la pérdida de cobertura forestal y la erosión de los suelos. Es por ello que los pobladores de esa área han implementado actividades que protejan y permitan el uso sostenible del bosque, algunas de las estrategias locales de adaptación implementadas para combatir las perturbaciones por el cambio climático son:

Estrategias individuales:

- Cercas vivas en parcelas.
- Cambios en la forma de labranza.
- Rotación de cultivos.
- Diversificación de la finca con árboles frutales.
- Siembra de especies forrajeras resistentes a la sequía.
- Captación de agua de lluvia.
- Pozos de almacenamiento de agua.

- Uso eficiente de agua en los hogares (reutilización).
- Llevar agua para el ganado en depósitos por la sequía de fuentes de agua.
- Combinación de insumos químicos y orgánicos para los cultivos.
- Abandono de herbicidas químicos.
- Huertos familiares.
- Separación de residuos.
- Reducción de jornada laboral durante los meses más cálidos.
- Ingresos complementarios (empleos, remesas)

Estrategias colectivas:

- Uso de variedades criollas de maíz.
- Recuperación de semillas criollas.
- Intercambio de semilla criolla.
- Cambio de fechas de siembra de maíz.
- Cambio hacia agricultura orgánica.
- Protección y conservación del bosque.
- Producción de especies forestales nativas en viveros comunitarios.
- Pozos de almacenamiento de agua.
- Protección de fuentes de agua.
- Fortalecimiento de la organización y participación en el ejido.
- Redes sociales.
- Participación en proyectos de conservación-reserva de la biosfera.
- Reforestación.
- Brigada contra incendios forestales.
- Erradicación de quemas.
- Vigilancia/monitoreo de bosque.
- Participación en programa de pago por servicios ambientales.

Estrategias institucionales:

- Ordenamiento territorial comunitario.

- Capacitación.
- Seguros y ayudas por pérdidas de cultivos.
- Capacitación sobre compostaje de residuos orgánicos para elaboración de abono.
- Información sobre efectos en la salud por quema de basura.
- Recolección de residuos.
- Racionamiento de agua potable.
- Instrumentos legales: multas por talas.
- Entrega de paquetes de insumos: semillas certificadas, fertilizantes químicos.

2.3.7.2 Estrategias de adaptación ante el cambio climático en las regiones cafetaleras de Coatepec y Huatusco, Veracruz, México.

Hernández-Sánchez y Travieso-Bello (2021) realizaron un trabajo en regiones cafetaleras del centro del estado de Veracruz, en los municipios de Huatusco y Coatepec, este último también conocido como “La capital del café”. El principal objetivo del trabajo fue conocer la percepción que productores de café tienen respecto a los cambios que se han presentado en el clima en los últimos años, además de identificar qué medidas de adaptación han implementado en sus sistemas productivos que contribuyan a enfrentar los efectos adversos del cambio climático, reduciendo su vulnerabilidad en el presente y futuro.

Entre las medidas de adaptación físicas que han implementado se pueden mencionar:

- Utilización de nuevas variantes de cafetales que sean tolerantes a plagas y enfermedades.
- Asociación de diversas especies vegetales a los cafetales. Si se hace una comparación entre producción mediante sistema convencional y sistemas agroecológicos, en estos últimos se observa un 200 % más de riqueza de plantas asociadas a las plantaciones de café, en total se registraron 47 especies.

- Debido a los cambios en la presentación de la temporada de lluvias, los productores de café han modificado la programación de sus actividades agrícolas.
- Se ha implementado el manejo de sombra en el cafetal, los productores están empleando especies de plantas nativas y cultivadas que proveen de sombra y otros usos múltiples.
- Se han puesto en marcha prácticas que coadyuvan a la conservación del agua y el suelo, entre ellas se mencionan: uso de cercas vivas, uso de barreras muertas, uso de residuos de cosechas en forma de acolchado, siembra en curvas de nivel, micorrizas para la protección y mejora de los cultivos, construcción de acequias y trampas de captación de agua.

Entre las medidas de adaptación sociales se encuentran:

- Los productores buscan diversificar sus fuentes de ingreso mediante la realización de otras actividades, ya que los precios del café pueden llegar a ser fluctuantes, así como su producción, puesto que las afectaciones que sufren por la roya puede disminuir dramáticamente la producción en los cafetales.
- Acceder a una comercialización del café de forma diferenciada, es decir, venderlos a un sobreprecio en mercados específicos que lo paguen, como ejemplo se puede mencionar la comercialización de café con certificación orgánica.
- Pertener a una organización ha permitido a los productores de café obtener múltiples beneficios, entre ellos se pueden mencionar la creación de relaciones, alianzas estratégicas, acceso a apoyos (gubernamentales y no gubernamentales), capacitación y asesoría técnica, intercambio de servicios y bienes, mejores precios.

2.3.7.3 Casos de estudio en Chiapas, México.

En Chiapas, el cambio climático se ha presentado con el incrementado los desastres naturales asociados a eventos hidrometeorológicos, como huracanes, ondas de calor, sequías y tormentas, provocando inundaciones y deslaves que han causados daños económicos, sociales y ambientales, así también la ganadería se ha visto afectada por causas del aumento y descenso del clima (SEMAHN¹⁵, 2011; POE, 2015).

Según información del Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas (PACCCH, 2011), durante la segunda mitad del siglo XX, se detectó un incremento en la temperatura de al rededor de 1 °C y una disminución de hasta 200 mm de precipitación pluvial en algunas zonas y un aumento de entre 100 a 300 mm en otras. Esto cambios repercuten y se pueden apreciar con mayor magnitud en las zonas subhúmedas como en el municipio de Tecpatán, ya que es una zona muy sensible al cambio climático y ambiental, causando daños en la producción primaria principalmente ganadera, lo que provoca vulnerabilidad social y económica en los pobladores locales.

La región socioeconómica III Mezcalapa se caracteriza por estar constituido por municipios que en su mayoría se dedican a la producción bovina de doble propósito en un sistema de pastoreo extensivo. Esta ganadería es la principal fuente económica de los pobladores por la venta de leche en mercados locales, la engorda de ganado para la producción de carne y la venta de becerros al destete a explotaciones ganaderas en el centro y norte del país (Orantes-Zebadúa *et al.*, 2010). Por la necesidad de grandes extensiones de terreno para establecer una unidad de producción bovina, esta actividad ha representado una amenaza a los ecosistemas locales por la deforestación que se ha realizado para el establecimiento de praderas para alimentación del ganado contribuyendo al cambio en el clima de la región (CONABIO¹⁶, 2016).

¹⁵ Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural

¹⁶ Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad

Medina-Sansón *et al.*, (2019) realizaron un trabajo de investigación en el estado de Chiapas en el cual se analizan las percepciones y respuestas sociales al cambio climático y ambiental, así como la pertinencia de las políticas públicas existentes respecto al tema. Algunos de los efectos derivados del cambio climático y que son percibidos por los pobladores de diferentes regiones del estado son cambios en los patrones de lluvias, así como un incremento de la temperatura ambiental, en respuesta a ello, los pobladores realizaron cambios a nivel local, como una adecuación del calendario agrícola y balances hídricos; los pobladores también identifican una disminución en la producción pesquera y agropecuaria y un aumento de riesgos por acontecimientos hidrometeorológicos principalmente entre los que mencionan inundaciones y sequías, quienes a su vez son causantes del deslizamiento de la tierra. Respecto a la pertinencia de políticas públicas en atención al cambio climático, se reconoce y destaca una falta de conexión con las instituciones gubernamentales y falta de organización para la atención de la problemática.

El municipio de Tecpatán, Chiapas tiene como principal actividad productiva la ganadería bovina, aunque no se define como una ganadería especializada, sino más bien de doble propósito, basada en la venta de becerros y toretes al destete para engorda y la producción de leche para venta a nivel local. Además, se cultiva café maíz, frijol, plátano y frutales para consumo y comercio. Los efectos del cambio climático sobre la ganadería en este municipio se ven reflejados en la disminución de la disponibilidad del agua, desecación del suelo, retraso en el momento de siembra, baja en la producción de leche y en la engorda de los animales. Ante ello, algunas medidas que los productores ejidatarios han implementado para la adaptación ante el cambio climático son: introducción de razas resistentes a la seca y el calor, siembra de pastos mejorados, compra de pastura, suplementación de los animales con forrajes y otro tipo de insumos, además de la conservación de áreas con árboles como reserva (Zárate-Jiménez *et al.*, 2020).

Aun cuando de manera local se han implementado algunas acciones como parte de los procesos adaptativos de los pobladores ante el cambio climático, aún se requiere impulsar y consolidar el desarrollo de las capacidades en las regiones rurales para la adaptación ante el cambio climático y poder responder a la reducción de riesgo de desastres (*op. cit.*).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio.

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tecpatán que se ubica en la Región Socioeconómica III Mezcalapa en las coordenadas 17°08'10"N; 93°18'40"O a las orillas del río Totopac un afluente del Río Grijalva (Figura 1). Su extensión territorial es de 1,236.22 km², lo que representa el 6.09% del territorio de la región Centro y el 1.6 % de la superficie estatal, su altitud es de 320 a 1800 msnm. Se encuentra a 80 kilómetros al norte de la capital del estado, la ciudad de Tuxtla Gutiérrez. La red hidrológica está representada por el río Grijalva o Grande y varios afluentes como el Zacalapa y el Totopac. Dentro de su territorio se encuentra gran parte del embalse de la presa Nezahualcoyotl, también conocida como Malpaso. Según el Censo de Población y Vivienda de 2020 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la población total del municipio de Tecpatán es de 21,426 habitantes. El clima predominante es cálido húmedo con lluvias todo el año en el norte y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2020).

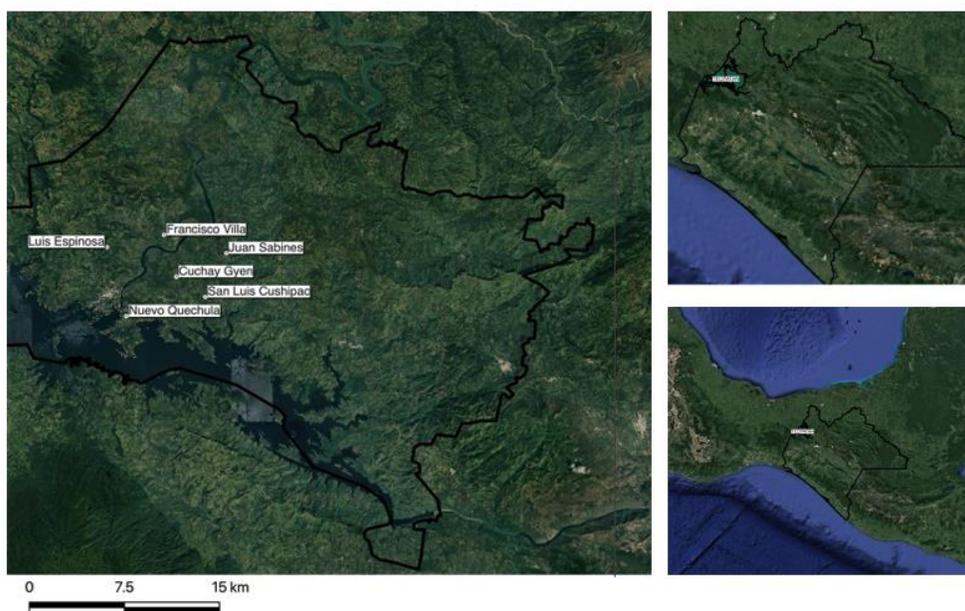


Figura 1. Localización del municipio de Tecpatán y de las seis comunidades de estudio.

Las localidades de estudios fueron Luis Espinosa (1522 hab), Cuchay Gien (145 hab), Nuevo Quechula (244 hab), Juan Sabines (712 hab), San Luis Cushipac (300 hab) y Nuevo General Francisco Villa (300 hab). Las comunidades son consideradas entre alto y muy alto índice de marginación. Las actividades predominantes son la agricultura de maíz, frijol; la ganadería bovina de doble propósito con sistema de pastoreo extensivo y la pesca en agua dulce.

3.2. Metodología.

Encuestas y talleres participativos

Se aplicaron encuestas para la recolección de datos primarios con preguntas cerradas y abiertas a habitantes de cada comunidad. Las encuestas estuvieron conformadas de cuatro partes:

1.- Datos personales y socioeconómicos: En este apartado se incluyeron datos generales como la comunidad y municipio donde vive, servicios con los que cuentan en la comunidad y en su casa y el tipo de vivienda; así como datos personales como edad, sexo, número de personas que habita en su vivienda, ocupación, problemas de salud, religión, lengua que habla.

2.- Percepción hacia el cambio climático: Se incluyeron preguntas donde los encuestados manifestaron cambios en el clima que hayan observado dentro de su localidad, como variaciones en el régimen de lluvias y temperaturas, disminución o aumento en cuerpos de agua, aparición de plagas y enfermedades hacia sus cultivos, cambios en la producción.

3.- Cambios en los modelos tecnológicos de producción agrícola que tengan relación por cambios en el clima. Se integraron preguntas como la introducción de variedades de plantas resistentes a sequías, inundaciones, plagas y enfermedades; cambios en las fechas de siembra y cosecha, reducción o aumento de superficie para producción, abandono de tierras, cambio de tipo de cultivo.

4.- Acciones de mitigación y adaptación en la producción agrícola. Las preguntas se enfocaron a las alternativas que los pobladores hayan optado por una percepción de cambios en el clima como actividades para conservación de suelo, bosques, agua.

5.- Acción institucional del cambio climático. En este apartado las preguntas fueron principalmente hacia las acciones de las instituciones hacia la prevención y/o atención de afectaciones por el cambio climático.

Posteriormente desde una Investigación de Acción Participativa (IAP) a través de talleres participativos se confrontaron los datos obtenidos en las encuestas.

Las encuestas y talleres fueron realizados en cada comunidad, la elección de los participantes se dio a través de la invitación personal a querer participar una vez que se les explicó a los ejidatarios en una asamblea los objetivos de la investigación. Las encuestas variaron entre 2 a 4 horas, según el tiempo que tardara en responder cada persona. Solamente se considero la participación de una persona por familia. Los encuestados y los talleres se realizaron a cualquier persona sin discriminar género, ocupación, edad (>18 años). Toda la información se recabó bajo el consentimiento informado de los participantes.

3.3 Registros de temperaturas y precipitación histórica.

Se obtuvieron los registros de temperaturas media diaria y precipitación diaria desde enero de 1970 a diciembre de 2017, recabadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de la estación climatológica convencional "Yamho", situada en las coordenadas 17°07'0.00" N y 93°19'50.00" O, estación representativa del municipio de Tecpatán, Chiapas.

3.4 Análisis de datos.

Para la gestión y análisis de los registros de temperaturas media mensual y precipitación media mensual se utilizó el programa estadístico R Core-Team 2021,

con el cual se compararon diferencias estadísticas entre años a través de un Análisis de Varianza (ANOVA).

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización socioeconómica

Se realizaron un total de 271 encuestas que se distribuyeron de la siguiente manera: San Luis Cushipac 50, Luis Espinosa 49, Juan Sabines 49, Cuchay Gyén 50, Nuevo Quechula 22 y Francisco Villa 51 personas; en cada comunidad se llevo a cabo un taller participativo. Para el caso de las encuestas se obtuvo una participación de 144 (52.94 %) hombres y 128 (47.06 %) mujeres, la edad de los encuestados varió de 19 a 85 años con un promedio de 42.81 ± 14.18 (Media, DE), el mayor número de personas se encuentran entre los 30 a 50 años ($n=164$; 60.29 %) (figura 2). El 42.64% ($n=116$) son originarios del municipio de Tecpatán, 6.98 % ($n=19$) de Francisco León (principalmente desplazados por la erupción del volcán Chichón en 1982), 5.14 % ($n=14$) de Copainalá y el resto de municipios aledaños, únicamente el 15.44 % ($n=42$) habla una lengua nativa (Zoque). En promedio en cada casa habitan 3.82 ± 1.75 personas (Media, DE), todas las casas cuentan con servicios de luz y baños o letrinas, así como acceso a agua ya sea entubada o pozo. La totalidad de los encuestados sabe leer y escribir. Para la ocupación con respecto al sexo, las mujeres presentaron únicamente cinco actividades en la cual ama de casa ($n=117$; 91.40 %) es la principal, seguido de campesino ($n=7$; 5.46 %); en tanto que para los hombres se presentaron 24 diferentes ocupaciones donde el campesino ($n=73$; 50.68 %) es la principal, seguida de maestro, comerciante ($n=11$; 7.63 %) y jornalero ($n=9$; 6.25 %) (figura 3). Se presentan dos religiones adventista con ($n=136$; 50 %), católica ($n=107$; 39.20 %) y ateos ($n=26$; 9.55 %).

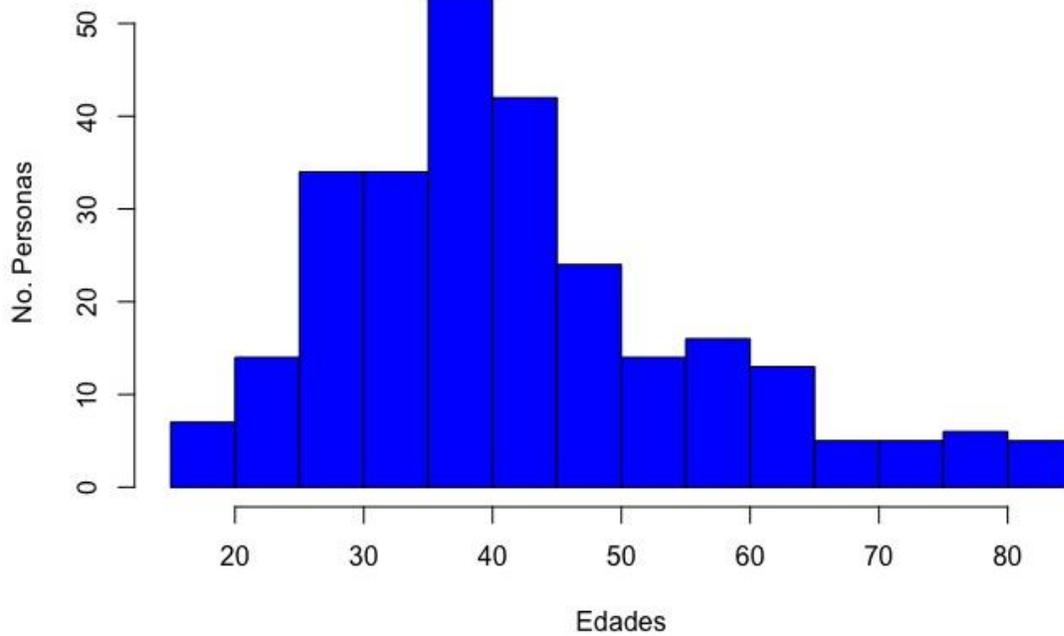


Figura 2. Distribución de las edades del total de los entrevistados en las seis comunidades.

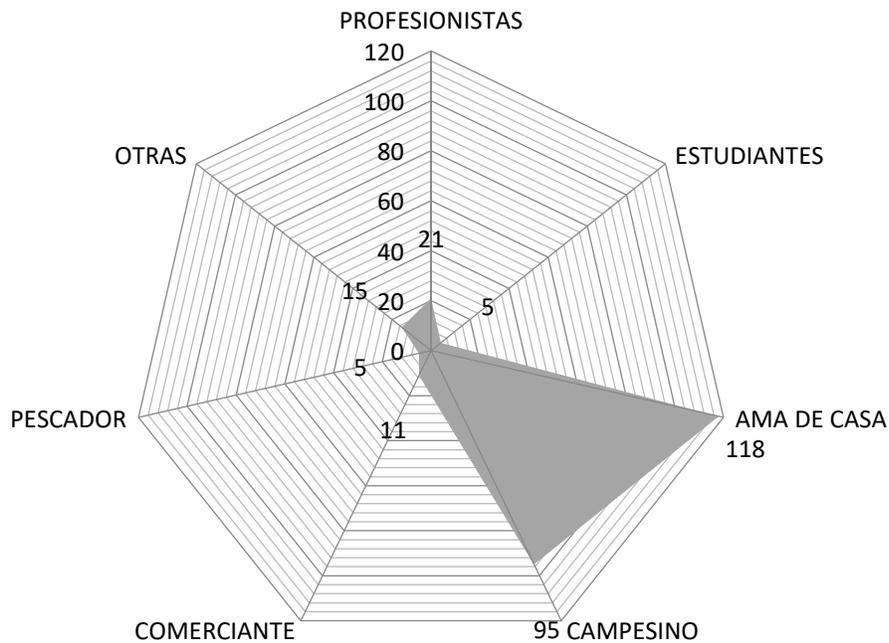


Figura 3. Distribución la frecuencia de ocupación en las seis comunidades, se integran datos de mujeres y hombres.

4.2. Caracterización socioeconómica por comunidad

a) San Luis Cushipac

En la comunidad de San Luis Cushipac participaron 15 (30 %) mujeres y 35 (70 %) hombres, la edad varió de 20 a 75 años con un promedio de 40.98 ± 12.26 (Media, DE). Ninguna persona habla Zoque. En promedio en cada casa habitan 3.16 ± 1.48 personas (Media, DE). El total de las mujeres son amas de casa; para el caso de los hombres se presentaron once actividades donde las principales fueron comerciante y maestro ($n=7$; 20.00%) cada uno, campesino ($n=5$; 14.28 %) y policía ($n=4$; 11.42 %) fueron las siguientes. La religión adventista es la principal ($n=27$; 54 %), seguida de católica ($n=15$; 30 %), ateo ($n=7$; 14 %) y presbiteriano ($n=1$; 2 %).

Con respecto a la vivienda y servicios básicos, el 96 % ($n=48$) viven en casas con paredes y techo de cemento, de las cuales el techo en el 54.17 % ($n=26$) es de losa y el 45.83 % ($n=20$) de teja. Únicamente dos personas viven en casas de bajare y piso de tierra. El total de las personas tiene energía eléctrica, acceso al agua entubada y drenaje para la descarga de aguas servidas, no existe señal de internet y no cuentan con teléfono ni fijo ni celular. Los residuos sólidos urbanos son quemados o llevados a un tiradero a cielo abierto.

b) Luis Espinosa

En la comunidad de Luis Espinosa participaron 25 (51.02%) mujeres y 24 (48.98%) hombres, la edad varió de 20 a 83 años con un promedio de 42.22 ± 14.16 (Media, DE). Solamente dos personas (4.08 %) hablan Zoque. En promedio en cada casa habitan 3.98 ± 1.75 personas (Media, DE). Con respecto a las actividades que realizan las mujeres, ama de casa representó el 96 % ($n=24$) y solamente una persona se dedica a labores del campo; para el caso de los hombres se presentaron ocho actividades donde las principales fueron campesino ($n=13$; 54.16 %), pescador ($n=2$; 8 %) y maestro ($n=2$; 8 %) fueron las siguientes. La religión adventista es la principal ($n=28$; 57.14 %), seguida de católica ($n=16$; 32.64 %) y ateo ($n=4$; 8.16 %).

Únicamente dos personas viven en casas de bajare y piso de tierra. El total de las personas tiene energía eléctrica, acceso al agua entubada y drenaje para la descarga de aguas servidas, no existe señal de internet y no cuentan con teléfono ni fijo ni celular. Los residuos sólidos urbanos son quemados o llevados a un tiradero a cielo abierto de la comunidad.

c) Juan Sabines

En la comunidad de Juan Sabines participaron 18 (36.73 %) mujeres y 31 (63.27 %) hombres, la edad varió de 22 a 84 años con un promedio de 42.77 ± 13.36 (Media, DE). Esta comunidad es quien presenta el mayor numero de personas que hablan Zoque con 36 (73.47 %). En promedio en cada casa habitan 4.67 ± 1.73 personas (Media, DE). Con respecto a la ocupación para ambos sexos, para el caso de las mujeres se presentaron ama de casa (n=13, 72.22 %) y a labores del campo (n=5, 27.77 %); en tanto que para los hombres se presentaron campesino (n=30; 96.77 %) y comerciante (n=1; 3.22 %). La religión principal religión es católica (n=41; 83.67 %), seguida de adventista (n=8; 16.33 %), ninguna persona manifestó ser ateo.

Dos personas viven en casas de bajare y piso de tierra. El total de las personas tiene energía eléctrica, acceso al agua entubada y drenaje para la descarga de aguas servidas, no existe señal de internet y no cuentan con teléfono ni fijo ni celular. Los residuos sólidos urbanos son quemados o llevados a un tiradero a cielo abierto en una barranca destinada para eso en los linderos de la comunidad.

d) Cuchay Gyen

En la comunidad de Cuchay Gyen participaron 28 (56 %) mujeres y 22 (44 %) hombres, la edad varió de 19 a 82 años con un promedio de 43.98 ± 16.54 (Media, DE). Solamente una persona (2 %) habla Zoque. En promedio en cada casa habitan 3.16 ± 1.43 personas (Media, DE). El total de las mujeres son amas de casa; para el caso de los hombres se presentaron ocho actividades donde las principales fueron campesino (n=12; 54.54 %), maestro (n=2; 9.09 %) y abogado (n=2; 9.09 %)

fueron las siguientes. La religión adventista es la principal (n=37; 74 %), seguida de ateo (n=8; 16 %) y católica (n=5; 10 %).

Una persona entrevistada vive en casa de bajare y piso de tierra, once en casa de techo de lámina y el resto en casa con techo de cemento y paredes de block. El total de las personas tiene energía eléctrica, acceso al agua entubada, pero no a una red de drenaje por lo que utilizan fosa séptica. Existe señal de internet por un servicio satelital de tarjetas contratado por horas, no cuentan con teléfono ni fijo ni celular. Los residuos sólidos urbanos son quemados o llevados a un tiradero a cielo abierto. En la comunidad cuentan con servicio de salud básico que le da seguimiento a salud pública y control de ciertas enfermedades.

e) Nuevo Quechula

En la comunidad de Francisco Villa participaron 12 (54.54 %) mujeres y 10 (45.45 %) hombres, la edad varío de 25 a 85 años con un promedio de 46.45 ± 16.59 (Media, DE). Una persona (4.54 %) habla zoque. En promedio en cada casa habitan 3.59 ± 1.56 personas (Media, DE). El total de las mujeres se dedican al hogar; en tanto que para los hombres se presentaron cinco actividades donde campesino (n=5; 50 %) es el principal, seguida de pescador (n=5; 23.80 %) y maestro (n=2; 9.52%). La religión principal religión es católica (n=8; 49.01 %), seguida de adventista (n=21; 41.17 %) y ateo (n=5; 9.80 %).

El total de los entrevistados viven en casas con paredes de block y techos de losa o lámina. Todas las personas cuentan energía eléctrica, acceso al agua entubada y existe una red de drenaje que descargan a un arroyo. Existe señal de internet por un servicio satelital de tarjetas contratado por horas, existe teléfono fijo en casetas y celular por internet. Los residuos sólidos urbanos son quemados o llevados a un tiradero a cielo abierto cercano al pueblo.

f) Francisco Villa

En la comunidad de Francisco Villa participaron 30 (58.82 %) mujeres y 22 (41.17 %) hombres, la edad varió de 19 a 83 años con un promedio de 42.48 ± 13.39 (Media, DE). Dos personas (3.92 %) hablan zoque. En promedio en cada casa habitan 4.26 ± 1.79 personas (Media, DE). Con respecto a la ocupación las mujeres ama de casa representó (n=28, 93.33 %), maestra y campesina con (n=1, 3.33 %) cada una; para los hombres se presentaron siete actividades donde campesino (n=10; 47.61 %) es el principal, seguida de pescador (n=2; 20 %). La religión principal religión es adventista (n=14; 63.63 %), seguida de católica (n=5; 22.72 %) y ateo (n=3; 13.63 %).

Una persona entrevistada vive en casa de bajare y piso de tierra, el resto en casas con techo de lámina o losa y paredes de block. El total de las personas tiene energía eléctrica, acceso al agua entubada, pero no a una red de drenaje por lo que utilizan fosa séptica o arrojan el agua a un arroyo cercano a las casas. No existe señal, no cuentan con teléfono ni fijo ni celular. Los residuos sólidos urbanos son quemados o llevados a un tiradero a cielo abierto.

4.3. Percepción de los pobladores hacia el cambio climático.

El 96.67 % (n= 262) de los entrevistados respondieron que han percibido que el clima ha variado desde que eran niños, principalmente en la temperatura y temporada de lluvias, por lo que 265 (97.78 %) personas han tenido que realizar cambios en alguna forma en que vive su familia como modificar sus horarios y días de trabajo en el campo, cambiar los materiales de los techos de las casas que inicialmente eran de lámina o asbesto a losa y la compra de ventiladores.

El aumento de la temperatura fue con un 97.40 % (n=263) el cambio más perceptible para los encuestados, mencionan que ese cambio se ha sentido desde hace 10 a 20 años. 241 (88.92 %) refirieron que los días y la intensidad de calor aumentaron.

Don Pablo Martín habitante de la comunidad Juan Sabines dijo: “*Antes el calor se soportaba y la lluvia venia rápido que refrescaba, ahora hay mas días de calor y se siente mas caliente*”.

Referente a la percepción a los cambios en las lluvias, 268 personas (98.89 %) indicaron que el régimen de lluvias en su localidad han cambiado afectando su trabajo y vida. Dentro de los cambios encontramos que 19.92 % (n=54) señalan que han aumentado las lluvias; 45.7 % (n=124) que disminuyeron; 20.3 % (n=55) que se presentan irregularmente, 3.7 % (n=10) que aumentaron su torrencialidad, el resto mencionó no saber. Con respecto a actividades productivas, 98 (36.16 %) personas consideraron que el suelo ha sufrido resecaamiento por el cambio de clima; 36.90 % (n=100) mencionan una reducción en sus cosechas por falta de lluvias que los ha afectado económicamente y 35.69 % (n=98) mencionan que los cambios de clima han influido en el aumento de plagas en cultivos agrícolas.

La respuesta a la pregunta: ¿Desde que año considera que comenzaron a darse los cambios en el comportamiento de las lluvias?, el valor con más menciones (moda) fue el año 2000, el año más distante fue en 1986 y el año más reciente fue 2016.

El señor Madain Hernández de la localidad de San Luis, mencionó: “*Llueve menos días cada año y cuando llueve todo se inunda porque cae mucha agua*”.

Ante la percepción de riesgos o desastres, 157 (57.87 %) personas, les preocupa el cambio climático y sus procesos de cómo adaptarse ante estos fenómenos naturales mientras el 42.06 % (n=114) muestran un desinterés por esto. La percepción ante la capacidad del gobierno (federal o estatal) ante un desastre es en un 88.56 % (n=240) que se tiene la capacidad y un 11.07% (n=30) que no se cuenta con el apoyo. En tanto que para el gobierno municipal 239 (88.19 %) indican que no cuenta con capacidad técnica ni económica para atenderlo.

El desastre mencionado en su totalidad es la elevación del nivel de los arroyos y principalmente en el agua de la Presa Nezahualcóyotl (Malpaso), en el cual indican que cada dos o tres años se desborda. La disminución de la cantidad o secado de

“ojos de agua” se lo atañen a la deforestación de la región. Otra percepción del desastre es el daño a las carreteras, donde indican que es lo más frecuente y que pasan días sin poder salir de sus comunidades.

Doña Josefina Aguilar habitante de la comunidad Quechula mencionó: *“las lluvias han hecho que la presa se seque, pero a esta comunidad le fue bien porque se ve la iglesia antigua y mucha gente viene a verla”*.

Ante la pregunta ¿cuáles son los cultivos que considera son más afectados? 255 (94.09 %) personas mencionaron al maíz, 116 (43.02 %) al frijol. Solamente dos personas mencionaron al cacao y al arroz. Las personas no asocian al cambio en el clima con la presencia de enfermedades en humanos y animales.

4.4. Cambios en los modelos tecnológicos de producción agrícola que tengan relación por cambios en el clima

Las fechas de siembra y cosecha han sufrido procesos de adaptación ante estos efectos por ello los encuestados mencionan que los meses de siembra antes eran abril 14.29 % (n=38), mayo 49.8 % (n=135) y junio 6.57 % (n=17), y la cosecha la realizaban en los meses de agosto 44.6 % (n=121) y septiembre 14.28 % (n=38), sin embargo en la actualidad los meses de siembra son mayo 10.28 % (n=28), junio 57.19 % (n=155) y julio 4.40 % (n=11), cosechando en los meses de septiembre 26.55 % (n=72), octubre 12.22 % (n=33) y noviembre 18.39 % (n=50) por lo que observamos un ajuste de alrededor 30 días a estas actividades. Solamente el 5.61 % (n=14) como parte de su estrategia han introducido variedades resistentes a plagas mientras que un 11.43 % (n=31) han realizado la introducción de variedades resistentes al calor y sequía.

4.5. Procesos de mitigación y adaptación en la producción agrícola por parte de los pobladores

Adaptación.- El 16.23 % (n=44) tuvieron que reducir su superficie de siembras debido al incremento de temperatura y falta de agua, como estrategia para seguir

realizando sus actividades de siembra; 7.74 % (n=21) han tenido que dejar de producir sus cultivos por lo que buscaron nuevas alternativas para establecer su economía familiar.

Mitigación.- Las actividades de mitigación se basan principalmente en el cuidado del agua, en las seis comunidades existen “comités del agua” que se encargan dar seguimiento a acuerdos internos en las comunidades como: evitar fugas en la red de abastecimiento que se da principalmente mediante el uso de mangueras, administrar al agua, reforestar arroyos, limpiezas de los tanques de almacenamiento, tratar el agua con cloro y aplicar “multas” a quién no “cuide” el agua. En las seis localidades han realizado acciones de reforestación y prohibición de tala en áreas de “reserva” y para la protección de cuencas

4.6. Datos históricos de precipitación y temperatura promedio de 1970 a 2017.

Los datos históricos de precipitación media mensual tomados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de 1970 a 2017, muestran una “estabilidad” en la curva, no visualizando una tendencia de aumento o disminución (Figura 4). Para el caso de la temperatura media mensual, desde mediados de los años 90’s del siglo pasado se visualiza un ligera elevación de la curva que se manifiesta mayormente a partir del año 2010, mostrando una tendencia de aumento en la temperatura (Figura 5). Tanto para los datos de temperatura media mensual como precipitación media mensual no se registraron diferencias significativas entre los años.

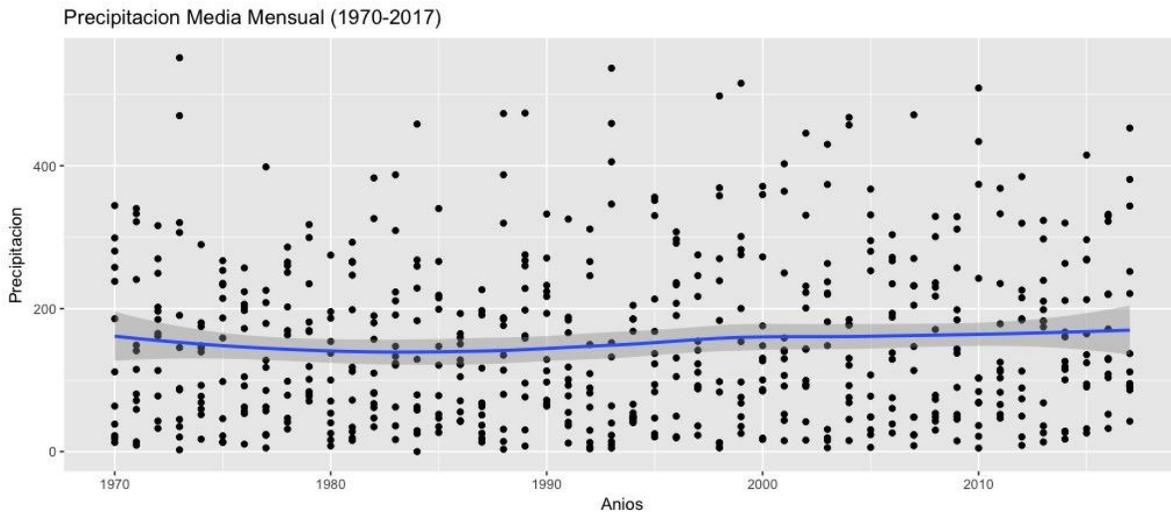


Figura 4. Datos promedio de la precipitación media mensual de 1970 a 2017. La medida se presenta en milímetros (Camarillo-Naranjo *et al.*, 2018).

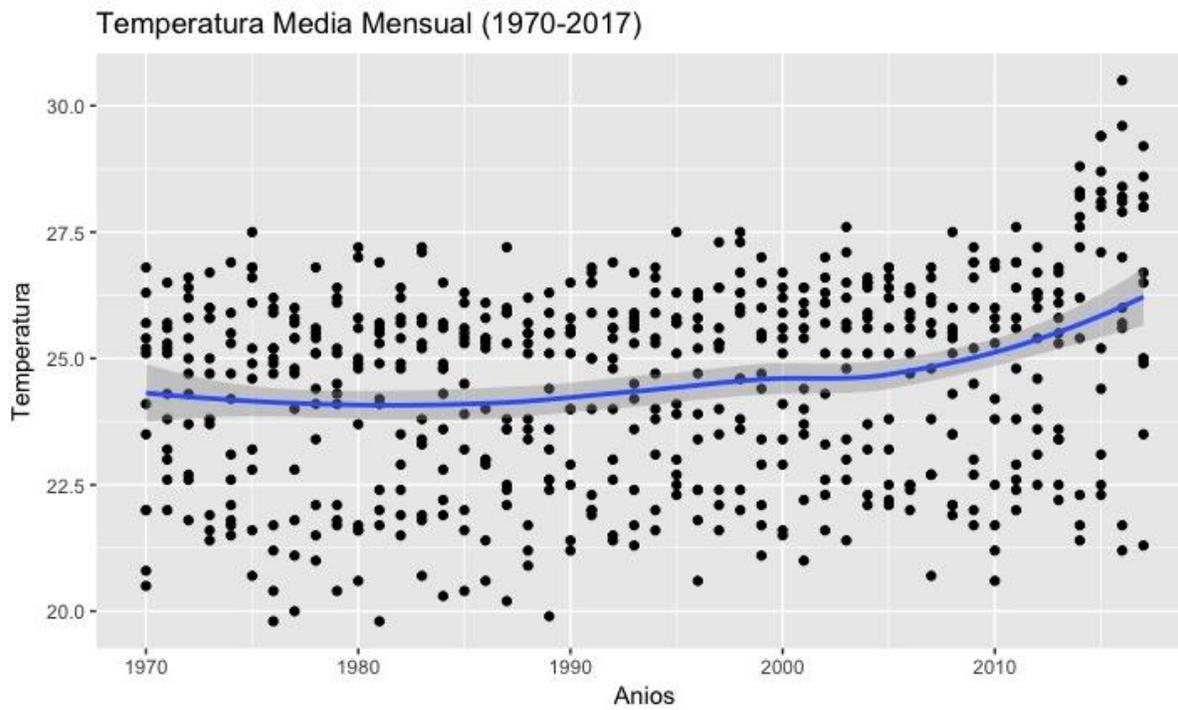


Figura 5. Datos promedio de la temperatura media mensual de 1970 a 2017. La medida se presenta en grados centígrados (Camarillo-Naranjo *et al.*, 2018).

V. DISCUSIÓN

5.1 Caracterización socioeconómica

El municipio de Tecpatán, Chiapas pertenece a la región socioeconómica III Mezcalapa, en la cual el aprovechamiento del suelo es mayormente para pastizal cultivado y agricultura de temporal; la ganadería corresponde principalmente a la cría extensiva de bovinos (¹⁷CEIEG, 2021). De acuerdo con datos del INEGI (2015) el municipio tiene un grado de marginación alto, el 39.09% de su población se encuentra en pobreza extrema.

Las seis localidades del presente estudio pertenecen al ámbito rural y presentan un grado de marginación alto. Aguilar *et al.* (2020) mencionan que de 1937 a la actualidad en el municipio de Tecpatán los grupos domésticos rurales fueron adaptando sus actividades a una agricultura familiar, diversificada, de autoabastecimiento y venta, y priorizaron algunas de ellas de acuerdo con las circunstancias socio ambientales que prevalecían. Se puede observar un cambio en las principales actividades productivas del municipio, en 1937 la producción forestal era la de mayor importancia, las actividades agropecuarias correspondían a la producción de maíz (*Zea mays*), café (*Coffea spp.*), cacao (*Theobroma cacao*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y ganado bovino. Desde 1968 a la actualidad, la actividad económica que ocupa el primer lugar de aprovechamiento del suelo es la producción de ganado bovino, seguido de los cultivos de maíz (*Z. mays*), la pesca, cultivo de cacao (*T. cacao*), café (*Coffea spp.*), frijol (*P. vulgaris*), frutales tropicales y de montaña (INEGI, 2007). Estas actividades agrosilvopastoriles y fuentes de empleo no agrosilvopastoriles, han tenido distinta importancia en la dinámica de la estrategia de vida de los grupos domésticos rurales, de acuerdo con sus necesidades y posibilidades para lograr su reproducción biológica y social, y en ello la mujer ha desempeñado una función importante en las labores del campo y del hogar (Aguilar *et al.*, 2020).

¹⁷ Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica

En el presente estudio la participación de las mujeres fue ligeramente en menor proporción con respecto a la de los hombres (52.94% hombres y 47.06% mujeres); sin embargo, cuando se identificaron las diferentes ocupaciones a las que ellas se dedican, se observó que más del 90% son amas de casa y únicamente el 5% se dedican a actividades agrícolas, a diferencia de los hombres, de los cuales la mitad de los entrevistados se dedicaban a labores agrícolas y el resto a otras actividades.

A pesar de que las mujeres se han visto delegadas en actividades agropecuarias, ya que muy pocas tienen tierras propias, y las que llegan a poseer algunas generalmente tienen terrenos de mala calidad o de muy poca extensión, tienen poco acceso a recursos productivos, el acceso a créditos para ellas es escaso, necesitan de capacitación y asistencia técnica, en los últimos años se ha observado que su participación en la producción agropecuaria ha ido en aumento. En países de Centroamérica y en México, gran cantidad de hogares rurales dependen del ingreso que las mujeres aportan, siendo indispensables para el sustento familiar, por lo que en muchas ocasiones la seguridad alimentaria de estas familias depende de ellas (Ramírez, 2011).

De acuerdo con datos de ¹⁸SADER (2019), del total de productores en México, únicamente el 15% son mujeres. Estos datos son preocupantes si tomamos en cuenta que más del 33% de la población mundial son mujeres que viven en comunidades rurales y que representan el 43% de la mano de obra agrícola. Algunos de los problemas a los que se enfrentan y por lo que pueden tener dificultades para mejorar su producción y con ello su nivel de vida son, en primer lugar, el difícil acceso a la tierra, ya que como se mencionó anteriormente, generalmente no son propias y las que tienen son de baja calidad, además presentan dificultades para el otorgamiento de créditos; por otra parte, también tienen un acceso difícil a materiales agrícolas y cadenas productivas de alto valor.

¹⁸ Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Estas son algunas de las razones por la que se requiere impulsar esquemas para la inclusión de las mujeres emprendedoras en los proyectos de desarrollo territorial, ya que con las condiciones adecuadas, las mujeres potencialmente pueden ser un motor de desarrollo dentro de la región (Ramírez, 2011).

Para generar estrategias de desarrollo sostenible locales viables con una visión de adaptación y mitigación al cambio climático, es importante conocer e incluir las percepciones que las mujeres rurales tienen hacia el cambio climático ya que juegan un papel clave en la dinámica de la comunidad, además que cada vez existe mayor involucramiento en las labores del campo, papel del que históricamente no eran tomadas en cuenta (Villalpando *et al.*, 2021).

5.2 Percepción de los pobladores hacia el cambio climático.

Marino (2011), indica que el concepto de clima es una construcción cultural que se construye a partir de procesos materiales y simbólicos y que denotan aspectos culturales, espaciales e históricos de las personas o comunidades, de igual forma Forero *et al.* (2014), menciona que el clima es el resultado de la forma en que los individuos perciben, se apropian e interpretan los eventos meteorológicos y climáticos que ocurren a su alrededor. Para el caso de las seis localidades de estudio, los pobladores percibieron cambios en el clima principalmente en los últimos 10 años, manifestado en aumento de calor, mayor duración de la temporada de estiaje, menos cantidad de lluvias y aparición de lluvias torrenciales de manera más frecuente, sin embargo los datos según los datos obtenidos históricos de precipitación y temperatura promedio de 1970 a 2017 tomados por la Comisión Nacional del Agua, no se muestran cambios significativos, únicamente una ligera tendencia de aumento en 1 a 1.5 °C. En la zona existen procesos de deforestación derivado del aumento de la ganadería y agricultura, que han sustituido vegetación arbórea por vegetación secundaria correspondiente con la introducción de pastizales para alimentación del ganado bovino principalmente (Zárate, 2020), por lo que la percepción que los pobladores de las seis comunidades tienen respecto al aumento en la temperatura puede deberse a que las coberturas deforestadas

retienen mayores índices de calor en el suelo, provocando un aumento en la temperatura de superficie (Ángel, 2021)

Debido al interés de las percepciones, prácticas, creencias y costumbres de las comunidades rurales con respecto al clima y sus efectos tanto en las actividades productivas como en otros aspectos de la vida cotidiana, en los últimos años se han incrementado estudios con respecto a estos saberes. El conocimiento con respecto a estos factores contribuye al diseño de medidas locales de mitigación y adaptación viables para los pobladores (Correa, 2011; Pinilla *et al.*, 2012; Revuelta, 2019; Villalpando *et al.*, 2021).

La hidrología de la región donde se localizan las seis localidades de estudio se encuentra conformada por el Río Grijalva uno de los más caudalosos de México, la presa hidroeléctrica Nezahualcóyotl y varios afluentes de caudal importante como los ríos Totopac y Zacalapa (Lomelí, 2020), esta situación, aunado a que el municipio presenta grados de rezago social de alto a muy alto (¹⁹CONEVAL, 2020) y alto grado de deforestación (Zárate, 2020), puede provocar que las comunidades pasen de baja a alta vulnerabilidad si no se realizan acciones de mitigación y adaptación basados en ecosistemas. El impacto a la sociedad de los fenómenos extremos causados por la variabilidad climática regularmente afectan mayormente a territorios rurales por lo que existen grupos y sectores con diferente grado de vulnerabilidad (Ulloa *et al.*, 2008; Infante e Infante, 2013).

5.3 Procesos de adaptación y mitigación en la producción agrícola

Partiendo de que las diferentes poblaciones humanas basados en sus costumbres, culturas, vivencias, percepciones y relación hombre - naturaleza en sus territorios, los procesos de adaptación suelen ser diferentes por las diferentes formas de entender, percibir y actuar frente al tiempo atmosférico y a los fenómenos climáticos han permitido transformar y mantener las prácticas sociales de manejo ambiental y productivo a lo largo del tiempo (Heyd, 2010).

¹⁹Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social

Para afrontar los cambios los cambios en el clima percibidos desde la sociedad, los campesinos conocedores de sus territorios realizan cambios en los modelos tecnológicos de producción (Ahumada-Cervantes *et al.*, 2018). Dentro de las estrategias tradicionales para afrontar la vulnerabilidad al cambio climático se encuentran la diversificación de cultivos, mantenimiento de la diversidad genética local, la cosecha de agua, utilización de variedades resistentes a factores climáticos adversos, enfermedades y/o plagas (Nicholls y Altieri, 2019). Para el caso de las seis comunidades de estudio, la adaptación al cambio climático se da en la modificación del calendario agrícola (siembra y cosecha), la introducción de variedades de plantas resistentes a plagas al calor y sequía. Estos procesos de adaptación se dan de manera empírica sin capacitación técnica, por lo que es necesario, por un lado reconocer el conocimiento y manejo tradicional de los cultivos y por el otro incorporar estos conocimientos locales a la hora de plantear estrategias para disminuir los efectos climáticos adversos sobre la producción agrícola.

Existe un reconocimiento de la necesidad de realizar acciones locales para disminuir las causas de la variabilidad climática por parte de los pobladores de las seis comunidades de estudio. Estas acciones se basan principalmente en la siembra de árboles, mantenimiento de zonas boscosas y cuidado del agua. La agroforestería es considerado una de las principales alternativas de mitigación, debido a la disminución la temperatura ambiental y evaporación, aumento en la captación de agua, disminución de los efectos hidrometeorológicos adversos, además de la captación del carbono (Soto-Pinto *et al.*, 2018).

5.4 Precipitación y temperatura promedio de 1970 a 2017 en Tecpatán, Chiapas.

Aún cuando no se registraron diferencias significativas de temperatura media mensual como de precipitación media mensual entre los años de 1970 a 2017 en el municipio de Tecpatán, Chiapas, para el caso de la temperatura media mensual, desde mediados de los años 90's del siglo pasado se visualiza un ligera elevación de la curva que se manifiesta mayormente a partir del año 2010, mostrando una tendencia de aumento en la temperatura. Sin embargo, estudios recientes revelan

que México se ha vuelto más cálido desde la década de los años sesenta del siglo pasado. Además, las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron en 0.85°C y las temperaturas invernales en 1.3°C. Se ha reducido la cantidad de días más frescos desde los años sesenta del siglo pasado y hay más noches cálidas. La precipitación pluvial ha disminuido en la región sureste desde hace medio siglo (²⁰CEDRSSA, 2020).

De acuerdo con datos del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (2021), la producción forrajera ante estrés hídrico en el municipio de Tecpatán se encuentra en un rango de vulnerabilidad baja, con valores de vulnerabilidad actual y proyectada mínima y máxima entre 0.25 y 0.50 (la máxima vulnerabilidad posible es de 2). Estos valores se basan en que las actividades pecuarias bajo condiciones extensivas como se llevan a cabo en Tecpatán, se caracterizan por emplear el forraje presente en los agostaderos para alimentar el ganado. La producción forrajera varía de una región a otra y es estacional, su distribución depende del clima, el suelo, la especie del forraje y su manejo. El rendimiento y calidad del forraje dependen de la precipitación, la cual influye de acuerdo a la cantidad total y su distribución durante el año. Lo anterior determina la estacionalidad de la producción y propicia la abundancia de forraje durante la época de lluvia, y su escasez en la época seca, cuando hay estrés hídrico. La carencia de alimento puede provocar la pérdida de ganado además de la disminución en la producción ganadera.

Con base en ello, algunas de las recomendaciones que pueden contribuir a disminuir dicha vulnerabilidad son las siguientes:

- Aumentar los programas gubernamentales, para plantación de vegetación (reforestación y revegetación), para aumentar la cobertura vegetal en zonas deterioradas y con riesgo por sequía.

²⁰ Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria

- Fomentar programas o proyectos en los niveles federal, estatal y municipal de asistencia técnica, para el mejor uso y manejo de los forrajes para el ganado y el ajuste de la capacidad de carga animal en áreas de agostadero con incidencia de sequías.
- Extender los programas de apoyos para la planeación, construcción y distribución correcta, de aguajes, jagüeyes, préstamos, ollas, o represas, según la zona, para unidades de producción pecuaria, con problemas de acceso al agua de uso animal e inclusive humano.
- Promover proyectos para pagos de servicios ambientales, para unidades de producción pecuaria con manejo sustentable y menos vulnerable a las sequías.
- Programas o proyectos para perforación de pozos en los sitios adecuados y con base en la reglamentación de aguas para las unidades de producción pecuaria situadas en las regiones con mayor incidencia de sequías.
- Aumentar el número de represas, jagüeyes o diferentes tipos de depósitos para agua y hacerla más disponible al ganado en pastoreo.
- Programas para apoyos económicos de infraestructura para adquisición y distribución de depósitos, contenedores de agua y bebederos, así como para cercos de distintos tipos para uso pecuario, que permitan un mejor manejo del ganado y del pastoreo.

VI. CONCLUSIONES

Los pobladores de las comunidades de estudio en el municipio de Tecpatán, como muchas comunidades ubicadas al sureste de México, y particularmente del estado de Chiapas, presentan cierto grado de vulnerabilidad a los efectos de cambio climático, que de no actuar pronto, esta vulnerabilidad podría aumentar por las características sociales, ambientales y económicas que presentan en su territorio.

Es necesario construir estrategias que contribuyan a la adaptación al cambio climático con base en procesos de participación comunitaria que sean igualitarios e incluyentes, indispensables para la sostenibilidad de los recursos naturales y la satisfacción y bienestar de los habitantes, especialmente de los campesinos que viven en las comunidades rurales.

Actualmente, los productores reconocen que existen cambios en el clima local que se ha resentido con mayor intensidad en las últimas dos décadas perjudicando sus cultivos, por lo que han tenido que ir realizando paulatinamente procesos de adaptación y mitigación para disminuir los efectos.

Las adaptaciones realizadas por los productores en respuesta al cambio climático local se han realizado de manera empírica, ya que los productores no cuentan con la información técnica de cómo como enfrentarse a estos cambios y desconocen las tendencias climáticas futuras planteadas. De continuar con esta tendencia, la actividad agrícola en un futuro no muy lejano podría disminuir drásticamente aumentando el rezago y grado de marginación social, por lo que es indispensable que se generen estrategias de atención a esta problemática en la que los productores conozcan nuevos sistemas de producción que mitigue los efectos del cambio climático y aumente su producción.

Si bien no se ha registrado oficialmente una variación en los datos de temperatura y humedad en la región, los campesinos han percibido cambios en el clima y los efectos en sus cultivos y modos de vida.

VII. LITERATURA CITADA

- Adamson, G. y H.E. Matthew. 2018. "Re-thinking the present: The role of a historical focus in climate change adaptation research". *Global Environmental Change* 48:195-205.
- Ahumada-Cervantes, R., G. Velázquez-Angulo y B. Ahumada-Cervantes. 2018. Adaptación del sector agrícola ante el cambio climático: propuesta de medidas a escala espacial fina en Guasave, Sinaloa, México. *Acta universitaria* 28(1):46-56.
- Altieri, M.A. y C.I. Nicholls. 2013. Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* 8(1): 7-20.
- Arteaga, L. y J. Burbano. 2018. Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas* 35(2):79-91.
- Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. 2021. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INEC). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales(SEMARNAT).
<https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/index.html#zoom=10&lat=17.2590&lon=-93.1614&layers=1> Consultado el 12 de enero de 2022.
- Banco Mundial (BM). 2010. Mexico leading the agenda on mitigation and adaptation to climate change. Washington, BM.
- Banco Mundial; CIAT; CATIE. 2014. Agricultura climáticamente inteligente en Chiapas, México. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington, D.C.: Grupo del Banco Mundial.
- Barboza, O. 2013. Calentamiento global: La máxima expresión de la civilización petrolifera. *Revista del Cesla* 16:35-68.
- Benavides, B.H.O. y G.E., León. 2007. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Subdirección Meteorología. <https://docplayer.es/17361694->

[Informacion-tecnica-sobre-gases-de-efecto-invernadero-y-el-cambio-climatico.html](#)

Consultado el 12 de julio 2021.

Bulman, G. y Lamberti, J. 2011. Parásitos y enfermedades parasitarias emergentes y reemergentes: calentamiento global, cambio climático, transmisión y migración de especies. Evaluación de la participación del hombre. Vet Argentina 28(282):1-15.

Camarillo-Naranjo, J.M., J.I., Álvarez-Francoso, N., Limones-Rodríguez, M.F., Pita-López and M. Aguilar-Alba. 2018. The Global Climate Monitor System: From Climate Data-Handling to Knowledge Dissemination. International Journal of Digital Earth, 12(4):394-414.

Campos, M., D., Herrador, C., Manuel y M.K., McCall. 2013. Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 61: 329-349.

Cárdenas, M.J. 2010. México ante el cambio climático, Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. Greenpeace México. México, D.F. p.72.

Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA). 2020. Reporte. Impacto económico del cambio climático en México. México, D.F. p.16.

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). 2017. Cambio climático y salud. Difusión de las actividades que la COFEPRIS lleva a cabo sobre el tema de cambio climático y sus efectos en la salud. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/cambio-climatico-y-salud-56956> Consultado: 29 de julio de 2021.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2011. Estadísticas del agua en México. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. p.186.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2016. Iniciativa de reducción de emisiones (IRE) programa de inversión Región Zoque Mezcalapa, Chiapas. Documento final. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. p.100.

Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG). Gobierno del Estado de Chiapas. Región III Mezcalapa. https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPESTEMREG/REGION_III_MEZCALAPA_post.pdf Consultado el 01 de noviembre 2021.

Conde-Álvarez, C., S. Saldaña-Zorrilla. 2007. Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. Revista Ambiente y Desarrollo. 23(2):23-30.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). (2020). Grado de rezago social por entidad federativa y municipio 2020. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Indice_Rezago_Social_2020.aspx Consultado el 21 de abril 2021.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). (1992). Naciones Unidas. <https://cambioclimatico.gob.mx/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico/> Consultado el 8 de octubre de 2021.

Correa, S. 2011. El clima: conocimientos, creencias, prácticas y percepciones de cambio en el Darién, Caribe Colombiano. Ulloa (editor) En: Perspectivas culturales del clima. Universidad Nacional de Colombia. Biblioteca abierta: Perspectivas Ambientales. Bogotá, Colombia. pp. 367-394

De la Torre, A., P., Fajnzylber and J., Nash. 2009. Low Carbon, High Growth: Latin American Responses to Climate Change – An Overview. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. Washington, D.C. p. 109.

De Paz, G.I. 2021. Tendencias globales de la justicia ambiental y el litigio contra el cambio climático. Revista Ius et Praxis 27(2): 72-93.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2012. Ley General de Cambio Climático Última reforma 29 de diciembre de 2014. p. 47.

Forero, E.L., T.Y. Hernández y C.A. Zafra. 2014. Percepción latinoamericana de cambio climático: metodologías, herramientas y estrategias de adaptación en comunidades locales. Una revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 17(1):73-85.

Garea, M.B., M.R., Pich y E.Z. Gonzalez. 2021. El cambio climático: sus consecuencias e impactos principales. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/cap1.pdf>
Consultado el 23 de enero 2022.

Grupo de trabajo de ganadería sustentable de bajas emisiones. (2016). Plan de acción de ganadería sustentable de bajas emisiones en Chiapas 2016- 2021. Tuxtla Gutierrez, Chiapas, México; p. 56. http://admin.biblioteca.alianza-mredd.org/uploads/archivos/bccd089b248cfb5ebed916f705df974c5065d2_68.pdf.
Consultado el 26 de noviembre 2021.

Guido, A.P.A. 2017. Cambio climático: selección, clasificación y diseño de medidas de adaptación / Pedro Antonio Guido Aldana -- Jiutepec, Morelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. p.96.

Hernández-Sánchez, M.I. y A.C., Travieso-Bello. 2021. Medidas de adaptación al cambio climático en organizaciones cafetaleras de la zona centro de Veracruz, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems 24:23. <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-cambio-climatico>
Consultado el 22 de febrero de 2022.

Heyd, T. 2010. Climate change, individual responsibilities and cultural frameworks. Human Ecology Review 17(2):86-95.

- Infante L.A. y F. Infante. (2013). Percepciones y estrategias de los campesinos del secano para mitigar el deterioro ambiental y los efectos del cambio climático en Chile. *Agroecología* 8(1):71–78.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2018. ¿Qué es el cambio climático? Gobierno de México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2007. Censos agrícolas, ganaderos y ejidal 1930-2007. Estado de Chiapas. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2015. Catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades.
<http://geoweb.inegi.org.mx/mgn2k/catalogo.jsp> Consultado el 25 de septiembre 2021.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2020. Censo General de Población y Vivienda. Estados Unidos Mexicanos. Tabulados Básicos.
- IPCC-WGII. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II. Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. p. 18.
- IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. p.104.
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of IPCC, Cambridge University Press. p. 1535.

Jones, P.G., Thornton, P.K. (2003). The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global Environmental Change*.13:51–59.

Lin, B.B. 2007. Agroforestry management as adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 144:85-94.

Lin, B.B. 2011. Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience* 61:183–193.

Lok, M. 2012. Principios necesarios para la adaptación de la ganadería al cambio climático. VII Cátedra Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia Inclusión de temas sobre el impacto del cambio climático y del bienestar animal en la producción animal en los planes de estudio de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en México. Culiacán, Sinaloa: Javier Alonso Romo Rubio, Soila Maribel Gaxiola Camacho, Jaime Eleazar Borbolla Ibarra, Isabel Quintero Osuna, Juan José Lomelí Gómez, Juan de Jesús Taylor Preciado. pp. 193-209.
http://handbook.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/Zootecnia/83.pdf Consultado el 15 de agosto 2021.

Magrim, G. 2015. Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Estudios del cambio climático en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). 80 p. <http://hdl.handle.net/11362/39842> Consultado el 23 de octubre 2021.

Maqueda, G.M.A., P.M.V., Carbonell, R.E., Martínez y G.M. Flórez. 2005. Fuentes de emisión de gases de efecto invernadero en la agricultura Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente Universidad del Valle, Cali, Colombia. 4:14-18.

Mariño, N. 2011. Reflexiones sobre la perspectiva cultural en las políticas de cambio climático en Colombia: un acercamiento al análisis cultural y espacial de las políticas

públicas. En: Ulloa, A. (ed). *Perspectivas culturales del clima*. Ed. U.N. de Colombia. (Bogotá D.C.). pp. 495-528.

Martínez-Austria, P.F. y C. Patiño-Gómez. 2012. Effects of climate change on water availability in Mexico. *Water Technology and Sciences (in Spanish)* 3(1): 5-20.

Medina-García, G., J.A. Ruiz-Corral, V.M. Rodríguez-Moreno, J. Soria-Ruiz, G. Díaz-Padilla y P. Zarazúa-Villaseñor. 2016. Efecto del cambio climático en el potencial productivo del frijol en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13: 2465-2474.

Medina, S.L. y C.A., Martínez. 2022. Adaptación al cambio climático en la producción ejidal de maíz en el estado de Chiapas, México. *Regiones y Desarrollo Sustentable* 43:1-21.

Medina, S.L., C.A., Martínez, E., Cruz, S., Zárata y P., Chávez. 2019. Problemas relevantes en las respuestas adaptativas sociales y las políticas públicas ante los efectos del cambio climático y ambiental en el estado de Chiapas, México. En J. Mora Aliseda, A. Castanho y Sergio Neves Lousada (coords.). *Ordenación del espacio: Ciudades inteligentes, Turismo y Logística*. Madrid: Aranzadi Thomson Reuters, pp. 409-434.

Mendelsohn, R., A.A.F, Dias y N. Seo. 2007. Proyecto: Incorporación del Cambio Climático a las Estrategias de Desarrollo Rural – Síntesis de los Resultados en América Latina. Montevideo, Uruguay: Programa Cooperativo para el Desarrollo Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur. Procisur. Montevideo, Uruguay. 100 p. <https://www.procisur.org.uy/inicio/es> Consultado el 21 de julio 2021.

Morais, H., P.H., Caramori, A.M.D.A., Ribeiro, J.C. Gomes and M.S. Koguishi. 2006. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41:763-770.

Nelson, G.C., M.W. Rosegrant, J., Koo, R., Robertson, T., Sulser, T., Zhu, C., Ringler, S., Msangi, A., Palazzo, M., Batka, M., Magalhaes, R., Valmonte-Santos, M. Ewing

y D. Lee. 2009. Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI Washington, D.C. p. 30.
https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf Consultado el 7 de septiembre 2021.

Nicholls, C.I. y M.A., Altieri. 2019. Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. Cuadernos de Investigación UNED. 11(1):55-61.

Olmos, E., M.E., González y M. Contreras. 2013. Percepción de la población frente al cambio climático en áreas naturales protegidas de Baja California Sur, México. Chile. Polis, Rev. Universidad Bolivariana 35(12):1-17.

OMS (2009). El Comercio y el cambio climático. [Equipo de redacción principal: Tamiotti, L., Teh, R.; Olhoff, A.; Kulaçoglu, V.; Simmons, B. y Abaza, H. (directores de la publicación)]. Suiza. p. 206.

Orantes-Zebadúa, M., J., Vilaboa, J., Ortega y A., Córdova. 2010. Comportamiento de los comercializadores de ganado bovino en la región Centro del estado de Chiapas. Quehacer científico en Chiapas 1(9):51-56.

Ortíz, R. 2012. El cambio climático y la producción agrícola. Banco Interamericano de Desarrollo. Unidad de Salvaguardias Ambientales (VPS/ESG). Notas técnicas ESG-TN-383.

Pachauri, R.K. y B., Jallow. 2007. Climate Change (2007): The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Presentation. Nairobi.

Periódico Oficial del Estado de Chiapas (POE). (2015). Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático en el Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164899/2015_chia_ley_macc.pdf Consultado el 31 de marzo 2021.

Pinilla, H.M.C. 2012. Percepciones sobre los fenómenos de variabilidad climática y cambio climático entre campesinos del centro de Santander, Colombia. *Ambiente y Desarrollo* 16(31).

Programa de Acción ante el Cambio Climático de Chiapas (PACCCH). (2011). Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/316394/PACC_Chiapas-compressed.pdf Consultado el 22 de abril 2021.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2012).

Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2009-2012 – DOF 28/08/2009. (2009). Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107404&fecha=28/08/2009#gs.c.tab=0 Consultado el 22 de abril 2021.

Ramírez, D. 2011. Productividad agrícola de la mujer rural en Centroamérica y México. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas. México, D.F. 51 p. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/26078/S2011148_es.pdf Consultado el 14 de septiembre 2021.

Revuelta, V.B. 2019. La aportación local y regional, ante el cambio climático en México. Un balance de las políticas públicas. En Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C (Coeditores), Impactos ambientales, gestión de recursos naturales y turismo en el desarrollo regional. UNAM. México, D.F. p. 20.

Rodríguez V.A. 2007. Cambio climático, agua y agricultura. *ComunICA 1 (II Etapa)*: pp. 13–23.

Rodríguez, A.G. 2007. Cambio climático y agricultura: implicaciones para la adaptación y las políticas públicas. VIII Reunión del Foro Regional Andino para el Diálogo y la

Integración de la Educación Agropecuaria y Rural, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Rodríguez, B.M., H., Mance. 2009. Cambio climático: lo que está en juego. Foro Nacional Ambiental. Bogotá, Colombia. p. 76.

Ruiz-Corral, JA., G., Medina-García, V.M., Rodríguez-Moreno, J.J., Sánchez-González, G.R., Villavicencio, P.N., Durán, G.J., Grageda y R.G.E. García. 2016. Regionalización del cambio climático en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Publicación Especial. 13: 2451-2464.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2019. Comunicado: La mujer rural, clave para el desarrollo del campo y la seguridad alimentaria.

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/la-mujer-rural-clave-para-el-desarrollo-del-campo-y-la-seguridad-alimentaria-223353> Consultado el 3 de diciembre 2021.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2012. Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40. p. 64.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2005. Map of Actual Use of Soils and Vegetation, Series III of 2002.

Sistema Estatal de Protección Civil. 2010. Boletín de Prensa 371, Tuxtla Gutiérrez, 27 de Septiembre de 2010. Autoridades dan atención a los municipios afectados por "Matthew" <http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/nSite/Prensa/index.php?action=11&id=371> Consultado el 9 de julio 2021.

Smit, B., I., Burton, R.J.T., Klein and R. Street. 1999. The Science of Adaptation: a Framework for Assessment, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 4:199-213.

- Sosa-Rodríguez, F. 2012. El futuro de la disponibilidad del agua en México y las medidas de adaptación utilizadas en el contexto internacional. *Revista SocioTam*. XXVIII 2:165-189.
- Sosa-Rodríguez, F. 2015. Política del cambio climático en México: avances, obstáculos y retos. *Realidad, datos y espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía* 6(2): 5-23.
- Soto-Pinto, L. y G. Jiménez-Ferrer. 2018. Contradicciones socioambientales en los procesos de mitigación asociados al ciclo del carbono en sistemas agroforestales. *Madera y bosques*, 24, e2401887.
- Tompkins, E.L., and W.N., Adger. (2004). Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change? *Ecology and Society* 9(2):10.
- Ulloa, A., E., Escobar, L., Donato y P. Escobar. 2008. Mujeres indígenas y cambio climático, perspectivas latinoamericanas Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-Fundación Natura de Colombia-UNODC. p. 234.
- Viguera, B., M.R., Martínez-Rodríguez, C., Donatti, C.A., Harvey y F. Alpízar. 2017. Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. *Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE)*. p. 47.
- Villalpando, V.G., B.I., Salvatierra y B.C.Martínez, BC. 2021 Cambio climático desde el enfoque de las mujeres rurales en México. *Siembra* 8(1):e2409.
- Villanueva, C., M., Ibrahim, y G. Haensel. 2010. Producción y rentabilidad de sistemas silvopastoriles. *Estudios de caso en América Central. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico/CATIE; no 95*. p.10.
- Zamora, L.C.B. 2020. Tensiones y retos para la Gobernanza Ambiental en las áreas naturales protegidas. El caso de la reserva de la biósfera selva el Ocote en Chiapas. *Collectivus, Revista de Ciencias Sociales* 7(2):91-106.

Zárate J.S. 2020. Perspectivas de la ganadería ejidal ante los procesos de cambio climático y ambiental en el municipio de Tecpatán, Chiapas. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Chiapas.

Zárate, J.S. y L. Medina. 2020. Cambios recientes y perspectivas de las unidades de producción bovina en el municipio de Tecpatán, Chiapas. En: Ixtacuy L.O., Martínezz Q.J.A., Jiménez A. H.M. (editores). Territorialidad emergente y gestión de recursos. Perspectivas regionales y locales. Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México. pp. 199-228.

Zárate, J.S., L., Medina, A., Yamazaki, H., Fletes, A. y Martínez. 2020. Problemas y retos de la ganadería ejidal ante los cambios ambientales en el municipio de Tecpatán, Chiapas, México. En: Mora A.J., Alexandre C.R., Kurowska-Pysz J. Políticas públicas territoriales y desarrollo regional. Aranzadi. Pamplona, España. pp. 269-284.