



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN DEL SISTEMA AGRÍCOLA ANTE LA
VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN SAN FRANCISCO PUTLA, ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA
EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

M. EN C. A. CRISTINA BERENICE MONSALVO JIMÉNEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Junio, 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN DEL SISTEMA AGRÍCOLA ANTE LA
VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN SAN FRANCISCO PUTLA, ESTADO DE MÉXICO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA
EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

M. EN C. A. CRISTINA BERENICE MONSALVO JIMÉNEZ

COMITÉ DE TUTORES

Dr. Angel Rolando Endara Agramont. Tutor Académico

Dr. Eufemio Gabino Nava Bernal. Tutor Adjunto

Dra. Martha Mariela Zarco González. Tutor Adjunto

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Junio, 2020

RESUMEN

Los escenarios de cambio climático previstos por la comunidad científica y la susceptibilidad social frente al fenómeno, conlleva a conocer las percepciones y estrategias de adaptación de los pequeños agricultores del ejido de San Francisco Putla con respecto al clima (variabilidad y eventos extremos). Los cambios en el clima generan en los agricultores la toma de decisiones para el adecuado desarrollo de los cultivos presentes en la zona, siendo los principales: Alhélía, Chicharo, Maíz (elote) y Lechuga, todos en condiciones de temporal. Se realizó una investigación cualitativa a través de entrevistas semi estructuradas y tres talleres participativos para obtener conocimiento del calendario agrícola y los cambios previstos en el clima. Los cambios en las variables de temperatura y precipitación se presentaron en una gráfica y corresponden a las observaciones de los ejidatarios. De acuerdo a la caracterización, los ejidatarios son pequeños agricultores que cultivan catorce especies diferentes, ellos atribuyen que el aumento de temperatura generó la diversificación de plantas, un aspecto positivo para la producción agrícola. El calendario agrícola nos permitió identificar las labores agrícolas de los cuatro cultivos principales, así como los meses que se presenta el periodo de lluvia, frío y calor que los agricultores establecieron para comprender el clima. Las estrategias de adaptación implementadas por los agricultores del Ejido de San Francisco Putla son: diversificación de cultivos, ajustes al calendario agrícola y gestión del sistema de riego, sin embargo, falta realizar otro tipo de acciones como: manejo y conservación de suelo, rotación de cultivos e implementar el riego tecnificado. Esta investigación proporciona un antecedente del estudio del clima local y su cambio, así como las posibles estrategias de adaptación ante la vulnerabilidad social ante el cambio climático, considerando un sistema socioecológico.

ABSTRACT

Climate change scenarios predicted by the scientific community and the social susceptibility to the phenomenon, leads to know the perceptions and adaptation strategies of small farmers in the San Francisco Putla ejido regarding climate (variability and extreme events). The changes in the climate generate in the farmers the decision making for the adequate development of the crops present in the area, being the main ones: Alhelía, Chícharo, Maize (corn) and Lettuce in rainfed. Qualitative research was carried out through semi-structured interviews and three participatory workshops to obtain knowledge of the agricultural calendar and the expected the climate change. Changes in the temperature and precipitation variables were presented in a graph and correspond to the observations of the ejidatarios. According to the characterization, the ejidatarios are small farmers who cultivate fourteen different species, they attribute that the increase in temperature generated the diversification of plants, a positive aspect for agricultural production. Cropping calendar allowed us to identify the agricultural work of the four main crops, as well as the months of the rain, cold and heat period that the farmers established to understand the climate. Adaptation strategies implemented by the farmers of the Ejido de San Francisco Putla are: crop diversification, adjustments to the agricultural calendar and management of the irrigation system, however, it is necessary to carry out other types of actions such as: soil management and conservation, rotation of crops and implement technical irrigation. This research provides an antecedent to the study of the local climate and its change, as well as the possible adaptation strategies for social vulnerability to climate change, considering a socio-ecological system.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca para estudios de posgrados, ya que con este aporte económico fue posible realizar el presente proyecto de investigación.

A la Universidad Autónoma del Estado de México por ser una institución que me proporcionó los medios adecuados para desarrollarme profesionalmente.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) por contribuir en la formación académica de los alumnos y proporcionar las instalaciones idóneas para desarrollar los proyectos de investigación. A todos los investigadores de este instituto y al personal administrativo del ICAR especialmente a Graciela Campuzano, Iván García, Alma Luna, Alicia Estrada y Laura Carrillo.

Al Comité de tutores: Dr. Angel Rolando Endara Agramont, Dr. Eufemio Gabino Nava Bernal y Dra. Martha Mariela Zarco González por sus valiosas aportaciones a la presente investigación.

A los investigadores: Dr. Rodolfo Serrato Cuevas, Ing. Efraín Morales Pérez, Dr. Jaime Bonilla y Dra. Cristina Burrola quienes me apoyaron en mi formación académica durante mi estancia en la Universidad.

A mi esposo Alberto por su valioso apoyo y amor en todos los ámbitos de la vida para realizar mis proyectos profesionales y personales.

A mis padres y mis hermanos por sus consejos y quienes me ofrecen su ayuda, amor y cariño.

A mis amigos: Isabel Reyes, Alan Deuri de Jesús (Q.E.P.D.), Itzel Morales, Luis Ángel Mathamba, Daniel Valencia, Luisa Castrejón, Karla González, Eunice Díaz, Antonio y Luis Bañuelos, por sus valiosos consejos y apoyo.

A mis compañeros: Francisco García, Leticia Bermúdez, Martha Cedillo, Giovanni Estrada, Sandra Sanjuanero, Ana Mejía, Santiago, Dennise Rodríguez, Esmeralda, Luis Antonio y Fabiola Rojas, por acompañarme y participar durante el trabajo de campo.

A Jhonatan Aguirre por editar el calendario agrícola que se presenta en esta tesis.

A la familia Estrada García: Abdón, Beatriz, Arcelia, Deysi, Omar y Cenaida por participar en el desarrollo de la investigación, por su hospitalidad, amabilidad y amistad; merece mención especial el señor Abdón Estrada quien fungió como informante clave y apoyo en todo el proceso del trabajo de campo.

A los ejidatarios de la comunidad de San Francisco Putla, por mostrar interés, aportar el conocimiento y experiencia que han adquirido a través de los años. Especialmente se agradece a

Demetrio Piña, Pedro Guadarrama, Benancio Colín, Alberto Colín, Gregorio Nava, Ángel Díaz, Jorge Nava, Eulalio Medina, Evodio Suárez, José Liborio Nava, Lorenzo García, Joel Mejía, Cruz Nava, Eustolio Suárez, Marcos Díaz, Anastacio Maya, Francisco Carbajal García, Roberto Romero Ávila, Raúl Mejía Arismendi, Vicente Gómez, Carlos Mejía y Florentino Ávila.

ÍNDICE

<i>RESUMEN</i>	<i>I</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>II</i>
<i>ÍNDICE</i>	<i>IV</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>7</i>
<i>CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL</i>	<i>8</i>
<i>1.1. Los Sistemas Socioecológicos (SES) y su resiliencia</i>	<i>8</i>
<i>1.2. La agricultura como un Sistema Socioecológico</i>	<i>11</i>
<i>1.3. La agricultura y su relación con el clima</i>	<i>12</i>
<i>1.4. El cambio climático y la agricultura</i>	<i>13</i>
<i>1.5. La adaptación ante el cambio climático</i>	<i>15</i>
<i>CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	<i>18</i>
<i>2.1 Justificación</i>	<i>18</i>
<i>2.2 Hipótesis</i>	<i>18</i>
<i>2.3 Objetivo general</i>	<i>19</i>
<i>2.4 Objetivos específicos</i>	<i>19</i>
<i>CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS</i>	<i>20</i>
<i>3.1 Área de estudio</i>	<i>20</i>
<i>3.2 Caracterización del sistema socioecológico agrícola</i>	<i>21</i>
<i>3.3 Identificación de las amenazas climáticas pasadas y actuales</i>	<i>21</i>
<i>3.4 Identificación de la percepción de los pequeños productores al cambio climático.</i>	<i>22</i>
<i>3.5 Determinación de las estrategias de adaptación.</i>	<i>22</i>

<i>CAPÍTULO 4. RESULTADOS</i>	24
<i>4.1 Caracterización del sistema agrícola del Ejido de San Francisco Putla</i>	24
<i>4.2 Capítulo de libro “Análisis del sistema socioecológico Nevado de Toluca: Una aproximación multimetodológica”</i>	34
<i>4.3 Capítulo de libro “La percepción del clima y su relación con la agricultura”</i>	61
<i>DISCUSIÓN GENERAL</i>	81
<i>CONCLUSIÓN GENERAL</i>	82
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	83
<i>ANEXO 1. Formato de entrevistas semi-estructurada</i>	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La agricultura como un Sistema Socioecológico (Fuente: Rivera-Ferre <i>et al.</i> 2013).....	12
Figura 2. Mapa de localización del ejido de San Francisco Putla (Fuente: Elaboración propia)...	20
Figura 3. Porcentaje de agricultores que cultivan diversas plantas.....	27
Figura 4. Calendario agrícola del año 2016 en dos diferentes parcelas. Descripción de las actividades agrícolas (A: barbecho, abono, surcado y siembra; B1: aplicación de herbicida; B2: aplicación de plaguicida; B3: aplicación de insecticida; B4: aplicación de fertilizante; C: cosecha; D: deshierbe, E: escarda; F: deshijar; G: amarre).	30
Figura 5. Climograma de San Francisco Putla del año 2015.	31
Figura 6. Precipitación, temperatura máxima y mínima por décadas (1980, 1990 y 2000).	32
Figura 7. Línea de tiempo de los eventos climáticos y cambios agrícolas en el Ejido de San Francisco Putla.	33

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Talleres participativos en el Ejido de San Francisco Putla.	23
Foto 2. Terreno con extracción de Tepojal.	25
Foto 3 Algunos árboles en la zona de estudio (A. Tepozán B. Saúco).	26
Foto 4. Algunos cultivos producidos en San Francisco Putla, A. Col, B. Crisalia, C. Nube, D. Brócoli.....	28
Foto 5. Canal para la distribución del agua de riego (izquierda) y erosión del suelo por el agua (derecha).....	29

INTRODUCCIÓN

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés, IPCC) indica en el quinto informe de evaluación que el cambio climático y la variabilidad climática ocasionarán disminución en los rendimientos de los cultivos en la mayoría de los países debido a modificaciones en la temperatura y los patrones de precipitación. Los pequeños productores son vulnerables ante este escenario ya que dependen de la producción de sus cultivos para adquirir sus ingresos (IPCC, 2014).

Ante este fenómeno algunos investigadores han observado que los agricultores realizan diferentes estrategias para hacer frente a estos cambios; es importante conocer primeramente los problemas en los aspectos ambientales, sociales y económicos. En este contexto, este estudio busca responder a las preguntas de investigación: ¿Cuáles son los componentes del Sistema Socioecológico? ¿Cuáles son los impactos del clima en el sistema de producción agrícola? y ¿Cuáles son las estrategias de adaptación de los pequeños productores? para lo cual se propuso el siguiente objetivo general: Analizar las estrategias de adaptación de los pequeños productores en un sistema socioecológico agrícola ante la variabilidad y el cambio climático.

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

En este capítulo se realiza una breve descripción del marco teórico que sustenta el presente proyecto de investigación, siendo los Sistemas Socioecológicos (SES, por sus siglas en inglés Social Ecological Systems). Este marco aborda la actividad agrícola como un sistema social y ecológico, por considerarse una actividad económica para los agricultores y su familia, además de considerar cómo la variabilidad climática afecta a los agricultores.

1.1. Los Sistemas Socioecológicos (SES) y su resiliencia

En el transcurso de los años, los impactos generados al ambiente por las actividades humanas, por ejemplo, el aprovechamiento de los recursos naturales de forma desmedida (agua, suelo, biodiversidad, entre otros), se convirtieron en temas de discusión entre los investigadores desde el origen del pensamiento ambientalista. Los sistemas naturales eran concebidos bajo un modelo de conservación, es decir, que este sistema debería estar en equilibrio para evitar el colapso (Holling, 2001; Walker *et al.* 2004).

Posteriormente, surgieron algunos postulados que aseveran que los sistemas ecológicos y los sistemas sociales deben considerar las dinámicas de interacción entre ambos sistemas, y de esta forma reconocer los Sistemas Socioecológicos. Estos Sistemas son un conjunto de componentes sociales y ecológicos (subsistemas), que interactúan entre sí y presentan interdependencia (Gallopín *et al.* 1989; Berkes y Folke, 1998; Maass y Cotler 2007; Maass *et al.* 2007; Maass, 2012). Los SES son complejos, integradores, dinámicos y holísticos, operan a diferentes escalas espacio-temporales (Schianetz y Kavanagh, 2008).

Cada subsistema integra diversas variables, que a su vez pueden incluir otras variables de distintos niveles. El sistema social mantiene un constante intercambio de materia, energía e información con el sistema ecológico y viceversa, así estos subsistemas sostienen una estrecha relación y dan lugar a modificaciones en el funcionamiento o la estructura del SES (Gallopín, 2006). Los componentes del SES, pueden ser: sociales, ecológicos, culturales, políticos, económicos, tecnológicos y otros (Resilience Alliance, 2010).

Holling (1973) acuñó el concepto de resiliencia considerando como el grado de perturbación que un sistema físico puede soportar, manteniendo su equilibrio (engineering resilience). Además existe la resiliencia como adaptación (ecological resilience), en este concepto,

no es esencial preservar el equilibrio, importa que las relaciones fundamentales se conserven y el sistema mantenga sus funciones básicas (Walker and Cooper, 2011; Methmann, 2015, p. 54). El otro concepto de resiliencia, en este caso, socioecológico, la resiliencia se considera como transformación. Es decir, no se trata solamente de "ser fuerte frente a las perturbaciones, sino también de afrontar las oportunidades que surjan, en términos de auto-organización, recombinación y surgimiento de nuevas trayectorias" (Bourbeau, 2013, p. 8).

La adaptación a los cambios ambientales globales y el reflejo de sus consecuencias a escala local son abordadas en tres principios esenciales para la construcción de resiliencia socioecológica (consideradas en este trabajo de investigación): **la diversidad, la conectividad, la retroalimentación y las variables lentas.**

La resiliencia de un sistema se relaciona con la **diversidad** de sus elementos, debido al mayor margen de estrategias para responder a los disturbios (Folke *et al.* 2003). Los cambios adversos que un sistema se enfrenta es atenuado por la variedad de los elementos, en este caso, se refiere a diversos factores que presenta un SES: institucionales, tecnológicos, productivos, biológicos, entre otros. Esto es fundamental, ya que las estrategias de respuesta deben ser lo suficientemente flexibles para poder adaptarse a los cambios y perturbaciones que el sistema enfrenta (Tompkins y Adger 2004).

Referente a lo anteriormente descrito, la especialización en la producción agrícola, generaría una disminución de la estabilidad ecológica, ya que a partir de los monocultivos (mínima diversidad) se desarrollan ecosistemas vulnerables a cambios climáticos y a nivel social cambios en las estructuras de comercialización (Rappaport, 1977). Por lo tanto, es posible sostener que la excesiva homogeneidad tiene como resultado la pérdida de flexibilidad, lo que dificulta la capacidad de respuesta del sistema (Cumming, 2011).

La variedad de conocimiento y experiencia en torno a la relación con el ambiente, puede también mejorar las estrategias para enfrentar los cambios, en este contexto también es importante la capacidad de innovación de los sistemas, ya que permite aumentar la diversidad interna y con ello la flexibilidad del sistema (Cumming, 2011).

Otro aspecto importante en la resiliencia del sistema socioecológico, es la **conectividad** entendida como las interdependencias o dependencias entre las diferentes partes. La conexión que existe entre los diferentes actores sociales crea nuevas interacciones y permite el acceso a la mayor

diversidad de los recursos ecológicos, tecnológicos, entre otros. Se ha identificado que tanto la fragmentación ecológica como la fragmentación social disminuyen las posibilidades de reacción del sistema, porque disminuye la conectividad (Folke *et al.* 2005).

Los grupos socialmente excluidos tienden a ser más vulnerables a diversos tipos de perturbaciones debido a la falta de servicios, redes de apoyo u otros (Cumming, 2011). La relación entre la población local y las organizaciones gubernamentales podrían generar oportunidades para acceder a nuevos recursos o conocimientos (Folke *et al.* 2005; Tompkins y Adger, 2004). Las redes sociales se construyen en relación a redes ecológicas y son vinculadas a patrones espaciales (Cumming, 2011).

De este modo, la ampliación y consolidación de las redes sociales, tanto a nivel local como a escala nacional, regional o internacional contribuyen al aumento de la resiliencia debido a la alta conectividad y diversidad (Olsson *et al.* 2004). Por otra parte, también existe el riesgo que mayor conectividad acelere el desarrollo y frecuencia de las plagas y enfermedades, las cuales generan desequilibrio al SES.

La **retroalimentación** acontece cuando existe un cambio en una variable en particular del SES, es decir, aparecen nuevas configuraciones en los SES que se reconocen como configuraciones emergentes, esta característica proporciona una oportunidad para reorganizarse después de las perturbaciones (Resilience Alliance, 2010). La retroalimentación se considera de dos tipos: positiva (cambios del mismo tipo) y negativa (si los efectos son sofocados en similares cambios) (Biggs *et al.* 2015). Según Folke (2006), el reto del estudio de los SES reside en el entendimiento de sus retroalimentaciones: (1) las que causan vulnerabilidad en el sistema, y (2) las que fortalecen la resiliencia del sistema.

Algunas investigaciones concluyeron que las **variables lentas** establecen la forma de estructura del SES, mientras que la dinámica del sistema surge de las retroalimentaciones en respuesta a las condiciones creadas por dichas variables (Gunderson y Holling, 2002; Norberg y Cumming, 2008, citados por Biggs *et al.* 2015: 109).

Por lo anteriormente descrito, en los siguientes párrafos se considera a la actividad agrícola como un Sistema Socioecológico en torno a recursos necesarios para las poblaciones humanas, donde interactúan variables sociales y ambientales (Ostrom 2009). La estructura del sistema no solo se refiere a un problema ecológico, además considera a los sistemas sociales que interactúan en un espacio y tiempo.

1.2. La agricultura como un Sistema Socioecológico

La agricultura se caracteriza como un Sistema Socioecológico complejo (Figura 1), implica múltiples interacciones entre los componentes sociales y naturales. En la agricultura, las unidades de los bienes (peso o número de piezas del total de producción de cultivo), los usuarios (agricultores), los sistemas de gobernanza (jurídico, normativo e institucional), los beneficiarios (comerciantes y consumidores) son unidades analíticamente independientes, pero que interactúan al producir resultados en los SES que a su vez retroalimentan esos sistemas y sus componentes. Los vínculos entre los diferentes sectores de la sociedad (privado, civil, institucional) fomentan la capacidad de los SES.

A nivel mundial, existen más de 570 millones de explotaciones agrícolas familiares, son distintas en tamaño, acceso a los mercados, características del hogar y medios de vida (FAO, 2014). En México existen 5.5 millones de productores agrícolas (INEGI, 2017); los cuales se dividen en: un sector comercial altamente capitalizado (mercados de exportación), un sector de pequeños agricultores (particularmente con el mercado interno), y un sector de subsistencia que produce para el consumo familiar y depende de otras fuentes de ingreso (denominada agricultura tradicional); se calcula que constituyen un 15%, 35% y 50%, respectivamente, de la población agrícola (SAGARPA, 2012).

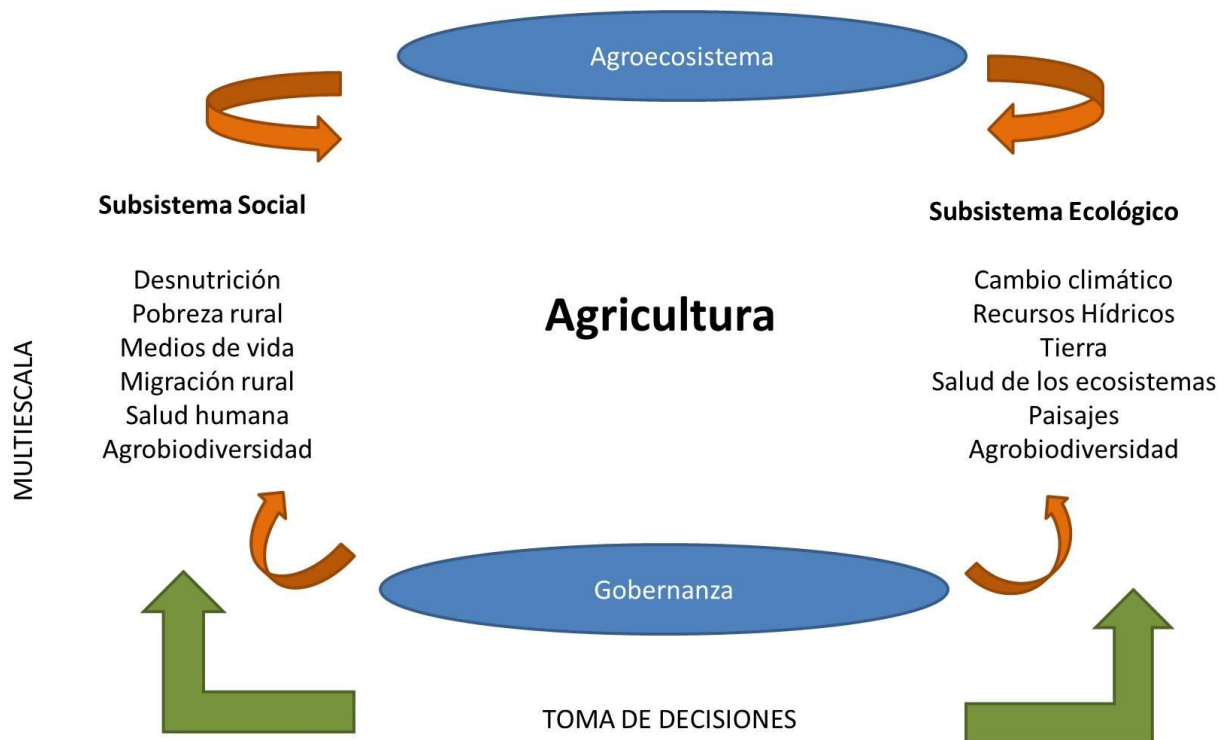


Figura 1. La agricultura como un Sistema Socioecológico (Fuente: Rivera-Ferre *et al.* 2013).

La agricultura tradicional y la agricultura comercial (pequeños agricultores) son sistemas integradores debido a que los agricultores aplican sus conocimientos ancestrales a las actividades agrícolas pero a su vez requieren insumos, maquinaria, formas de labranza, conocimiento técnico, entre otros, que se necesitan para competir en el mercado comercial. La conversión implica desarrollar una agricultura de monocultivos y dejar a un lado la diversidad de cultivos de la agricultura tradicional, por ejemplo se sustituye la milpa (sistema agrícola tradicional conformado por un policultivo, que constituye un espacio dinámico de recursos genéticos).

1.3. La agricultura y su relación con el clima

El sistema agrícola es una actividad susceptible al cambio y la variabilidad climática debido a la relación entre los elementos del clima, particularmente con las variables de temperatura y precipitación pluvial (Shengcai *et al.* 2011). La temperatura tiene efecto en el desarrollo de varios procesos fisiológicos de las plantas, que pueden aumentar o disminuir la producción de los cultivos. El aumento en la temperatura puede provocar la propagación de enfermedades y plagas; y las bajas temperaturas ocasionarían la muerte de las plantas (IPCC, 2014).

Las plantas almacenan el agua en la biomasa y por medio de la transpiración se regresa a la atmósfera. La precipitación pluvial se caracteriza por la variabilidad espacial y temporal, por lo que es importante para las cosechas agrícolas. Los suelos con vegetación presentan una mayor infiltración y humedad, además reducen la escorrentía. Los suelos sin vegetación disminuyen su capacidad para retener el agua (Rutter *et al.* 1972). Derivado de lo anterior, se observa que las plantas requieren de condiciones adecuadas para su desarrollo (temperatura, humedad, nutrientes, entre otros). Es por ello, que en la agricultura se implementan técnicas para el desarrollo de los cultivos.

En México, existen dos tipos de agricultura dependiendo la disponibilidad del agua, denominadas como agricultura de temporal (79%) y agricultura de riego (21%) (INEGI, 2017); la primera se refiere a la dependencia del régimen de lluvias y la segunda el agua suministrada a los cultivos es de manera artificial por medio de canales y sistemas de riego tecnificado. El exceso y falta de agua siempre han sido riesgos naturales de la agricultura.

Por otra parte, el 98.8% de las unidades de producción agrícola realizan agricultura a cielo abierto y el resto realiza agricultura protegida utiliza diversos tipos de estructura: invernadero, microtúnel, macrotúnel, malla sombra, casa sombra, vivero, pabellón y techo sombra (INEGI, 2017). La agricultura de protección permite condiciones artificiales de microclima y cultivar especies variadas en un espacio reducido. En este sistema agrícola especializado se lleva a cabo el control del medio edafoclimático, alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento y humedad, entre otras).

El 74.7% de las unidades de producción reportan pérdidas por causas climáticas: sequía, vientos, exceso de humedad, granizo, heladas, bajas temperaturas e inundaciones (INEGI, 2017). Así el sector agrícola en México ha tenido cambios y adaptaciones a través del tiempo, tanto por modificaciones en las condiciones de la tierra, problemas sociales y ambientales, esta última como las variaciones climáticas y el cambio climático (SAGARPA, 2012).

1.4. El cambio climático y la agricultura

El cambio climático es un fenómeno provocado por el incremento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, principalmente el CO₂, relacionado directamente con las actividades antrópicas, además contribuyen los factores naturales como la erupción de volcanes,

incendios naturales, entre otros (González *et al.* 2003; IPCC, 2014). El IPCC (2014) lo define como: variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios).

Según el Cuarto Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) argumentan que existe un aumento en la temperatura media de la superficie terrestre de 1 °C respecto a la temperatura registrada en 1850 (Gay *et al.* 2010; IPCC, 2014). De acuerdo a las tendencias actuales de producción y consumo industrial, se calcula que la temperatura media global para el 2050 podría incrementar a 3°C (Moriarty y Honnery, 2015).

Este fenómeno incrementa la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos, temperaturas extremas (tasas de evaporación se incrementarán), precipitaciones, huracanes, fuertes vientos, sequías prolongadas e inundaciones con consecuencias adversas para los sistemas naturales y humanos; la severidad de estos fenómenos dependerá de la exposición y de la vulnerabilidad de la población (Gay *et al.* 2000, 2006; Cunningham y Cunningham 2008; IPCC, 2014). En regiones áridas se experimentará una reducción del 25% de la humedad del suelo debido a la frecuencia de años cálidos y disminución en las precipitaciones (IPCC, 2007; Maestre *et al.* 2012).

Las condiciones previstas podrían ser positivas para algunos cultivos en ciertas regiones del mundo; en el caso del aumento del bióxido de carbono, tiene efectos fertilizantes para las plantas debido a que incrementa las tasas de crecimiento y la eficiencia de la utilización del agua. En general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial (Martínez y Patiño, 2012). Los impactos desfavorables de este cambio se observan en el rendimiento de los cultivos como el trigo y el maíz que son la base de la alimentación en muchas regiones del planeta (IPCC, 2014).

El cambio climático incide en aspectos ambientales, sociales y económicos (Salazar y Masera, 2010). La actividad de todos los seres vivos está influida por la temperatura, con lo que el calentamiento global trae consigo cambios en los ciclos vitales de plantas (fases fenológicas) y animales (Peñuelas *et al.* 2002). Ante este escenario, México está clasificado como altamente vulnerable (IPCC, 2007; Samaniego, 2009) debido a su ubicación geográfica, por sus zonas costeras y por la frecuencia de impactos de los huracanes (IPCC, 2007).

Algunos investigadores han determinado los efectos meteorológicos del Cambio Climático, donde analizan empíricamente las consecuencias sobre las poblaciones humanas y en especial, sobre las comunidades rurales e indígenas (Brown, 2008). La percepción al cambio climático se ha estudiado en diferentes comunidades indígenas para conocer cuáles son los mecanismos de adaptación que están desarrollando para hacer frente a la variabilidad y el cambio climático (McDowell, 2010; Cruz, 2011; Sánchez, 2014).

1.5. La adaptación ante el cambio climático

De acuerdo con el IPCC (2014), la comunidad mundial puede adecuarse al cambio climático y sus impactos por medio de estrategias de adaptación y mitigación. Las medidas propuestas son diversas y el objetivo principal es proteger los recursos naturales, la infraestructura y la vida de la población. En las actividades agrícolas, los campesinos, incluyen en sus saberes tradicionales prácticas encaminadas a reducir los riesgos que supone una actividad que depende de condiciones climáticas impredecibles.

Janssen y Ostrom (2006), definen adaptación como el ajuste de los sistemas socio-ecológicos en respuesta a los cambios ambientales reales, percibidos o esperados; así como sus impactos. La adaptación es un concepto clave en la investigación del cambio climático, ya que los mecanismos de respuesta y de adaptación actúan como indicadores de la capacidad de resistencia de los sistemas sociales ante los impactos del cambio climático. Las adaptaciones no están aisladas de otras decisiones (O'Brien y Leichenko, 2000).

Existen diferentes tipos de adaptación (Bhatti *et al.* 2006) que dependerán de los impactos previstos y están asociados al cambio y la variabilidad climática (Mertz *et al.* 2009):

1. **Adaptación reactiva.** Las medidas son adoptadas posteriores a un impacto, que frecuentemente se debe a un evento extremo.

2. **Adaptación anticipatoria.** Se evalúa el potencial de cambio futuro y el desarrollo de respuestas para hacer frente o disminuir el impacto.

3. **Adaptación autónoma.** Es sinónimo de sistemas naturales en los que hay reacciones automáticas a las tensiones; las personas y sus sistemas pueden responder de una manera similar en aspectos económicos, sociales y ambientales.

4. **Adaptación planificada.** Se realiza bajo la premisa de que el clima está cambiando y se necesita una acción decidida a mantener o lograr un estado deseado.

5. **Adaptación pública y privada.** Distingue entre las acciones que se llevan a cabo por los individuos, las empresas y los que son patrocinados por estas.

La percepción de los impactos del cambio climático a nivel local sugiere que los pequeños agricultores identifican los efectos negativos y positivos del clima hacia sus actividades (Belachew y Zuberi, 2015). El involucrar a las comunidades, permite conocer las opiniones, testimonios, reflexiones y acciones que las personas están realizando en su entorno con la finalidad de adaptarse a las condiciones cambiantes del ámbito social, económico y ambiental (Sánchez, 2014).

Algunos investigadores, observaron que a través del tiempo, los campesinos cultivan en pequeñas parcelas ubicadas en diversos microambientes (González, 2003), rotan los cultivos para evitar enfermedades y mantener los suelos sanos (Krupinsky *et al.* 2002), realizan la plantación varios cultivos (Bellón *et al.* 2009), efectúan prácticas de no-labranza y seleccionan semillas tolerantes a plagas, sequías y diferentes climas. Además, los campesinos suelen depender para su subsistencia de prácticas no agrícolas como la agroforestería, la caza, la pesca, la recolección y el trabajo asalariado que complementan sus necesidades de consumo y cuyo éxito puede ser independiente de las cosechas (Abasolo, 2006).

En Canadá las proyecciones climáticas indican que habrá un clima más cálido y una temporada de crecimiento más larga que puede ser benéfica para la productividad de los cultivos y el ganado, sin embargo, la incidencia de sequías, erosión del suelo, escasez de agua y brotes de plagas tienen consecuencias negativas. En este sentido, algunas de las estrategias de adaptación propuestas son: ajustes del calendario de siembra y cosecha, modificación de los cultivos de mayor rendimiento y menor tiempo de maduración, así como cambios en las prácticas de riego y labranza (Bhatti *et al.* 2006).

En México se han realizado investigaciones que sustentan algunas estrategias de adaptación y se indican a continuación:

La incidencia de huracanes y sequías en la península de Yucatán ha modificado la agricultura en torno al cultivo de maíz, como consecuencia los agricultores ajustaron sus calendarios agrícolas y diversificaron sus medios de subsistencia (Mardero *et al.* 2015). En el estado de Tlaxcala el sector

forestal es afectado por el cambio climático, la deforestación y cambio de uso de suelo, por ello se están implementando estrategias de adaptación: conservación, restauración ecológica y silvicultura sustentable (Galicia *et al.* 2015).

En la región Mixteca Alta, Oaxaca (Rogé *et al.* 2014), los agricultores observan cambios en el clima como: aumento de temperatura, sequías, lluvias tardías, disminución de la mano de obra rural e introducción de tecnologías. Los agricultores respondieron a los cambios en los patrones de precipitación al modificar las fechas de siembra, siembra de diferentes cultivos y selección de variedades de cultivos.

Otra técnica aplicada en diferentes países es la agroforestería, que es una actividad utilizada para protegerse contra inundaciones y sequías, e incrementar la diversificación de los ingresos particularmente para pequeños productores (Verchot *et al.* 2007). Campos *et al.* (2013), reportan que los agricultores en Ticuiz, Coahuayana, Michoacán, incrementaron el tamaño de su producción en nuevos espacios del bosque; utilizaron nueva tecnología, cuentan con créditos de bancos, programas gubernamentales y fondos externos como recursos financieros.

La evidencia indica que la agricultura ha modificado la forma de producción debido a los impactos previstos en los fenómenos naturales, los agricultores modifican sus actividades para obtener ingresos que le permitan la subsistencia de su familia.

CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades agrícolas presentan diversos problemas para su desarrollo, entre ellos, los factores ambientales como la variabilidad y el cambio climático que están incidiendo en la producción y rendimiento de los cultivos. Investigaciones en diferentes partes del mundo sugieren la necesidad de analizar las estrategias de adaptación que las comunidades realizan para enfrentar los cambios previstos y los escenarios futuros del cambio climático. Los estudios se pueden realizar a diferentes escalas espacio-temporales, sin embargo, es importante identificar los cambios desde una perspectiva local. En este proyecto de investigación aborda el tema con el marco analítico de los Sistemas Socioecológicos las múltiples interacciones e interdependencias entre los sistemas humanos y naturales.

2.1 Justificación

A nivel mundial, la variabilidad y el cambio climático tiene efectos sobre los sistemas de producción debido a la presencia de temperaturas extremas, escasez de agua, precipitaciones irregulares e impredecibles, fuertes vientos, incidencia de eventos meteorológicos extremos, sequías prolongadas e inundaciones (IPCC, 2014; Zavala, 2010), Por ello, en la actualidad, es necesario adoptar medidas de adaptación para contrarrestar el impacto de este cambio y preservar los bienes y servicios ambientales. Las comunidades que enfrentan estos cambios son objeto de análisis, sobre todo a nivel local para identificar los impactos de las actividades agrícolas y posteriormente analizar como las comunidades responden a ciertas perturbaciones.

Respecto a lo anterior, la presente investigación se plantea las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los componentes del Sistema Socioecológico? ¿Cuáles son los impactos del clima en el sistema de producción agrícola? y ¿Cuáles son las estrategias de adaptación de los pequeños productores?

2.2 Hipótesis

Los pequeños productores del ejido de San Francisco Putla llevan a cabo estrategias de adaptación en el sistema Socioecológico agrícola para hacer frente a los efectos adversos del clima.

2.3 *Objetivo general*

Analizar las estrategias de adaptación de los pequeños productores en un sistema socioecológico agrícola ante la variabilidad y el cambio climático.

2.4 *Objetivos específicos*

1. Caracterizar el Sistema Socioecológico agrícola.
2. Identificar las amenazas climáticas pasadas y actuales.
3. Identificar la percepción de los pequeños productores a la variabilidad y el cambio climático.
4. Determinar las estrategias de adaptación de los pequeños productores.

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo describe el área donde se realizó la presente investigación, se elaboró un mapa indicando la superficie del ejido de San Francisco Putla y las colindancias con otras localidades, además explica los métodos utilizados para obtener la información y los materiales utilizados en el trabajo de campo.

3.1 Área de estudio

El ejido de San Francisco Putla se localiza en el municipio de Tenango del Valle en el Estado de México (Figura 2). De acuerdo con el último Censo General de Población y Vivienda (INEGI, 2010), la población total es de 3, 433 habitantes, de los cuales 2, 332 es población de 15 años y más; 257 personas tienen 60 años y más.

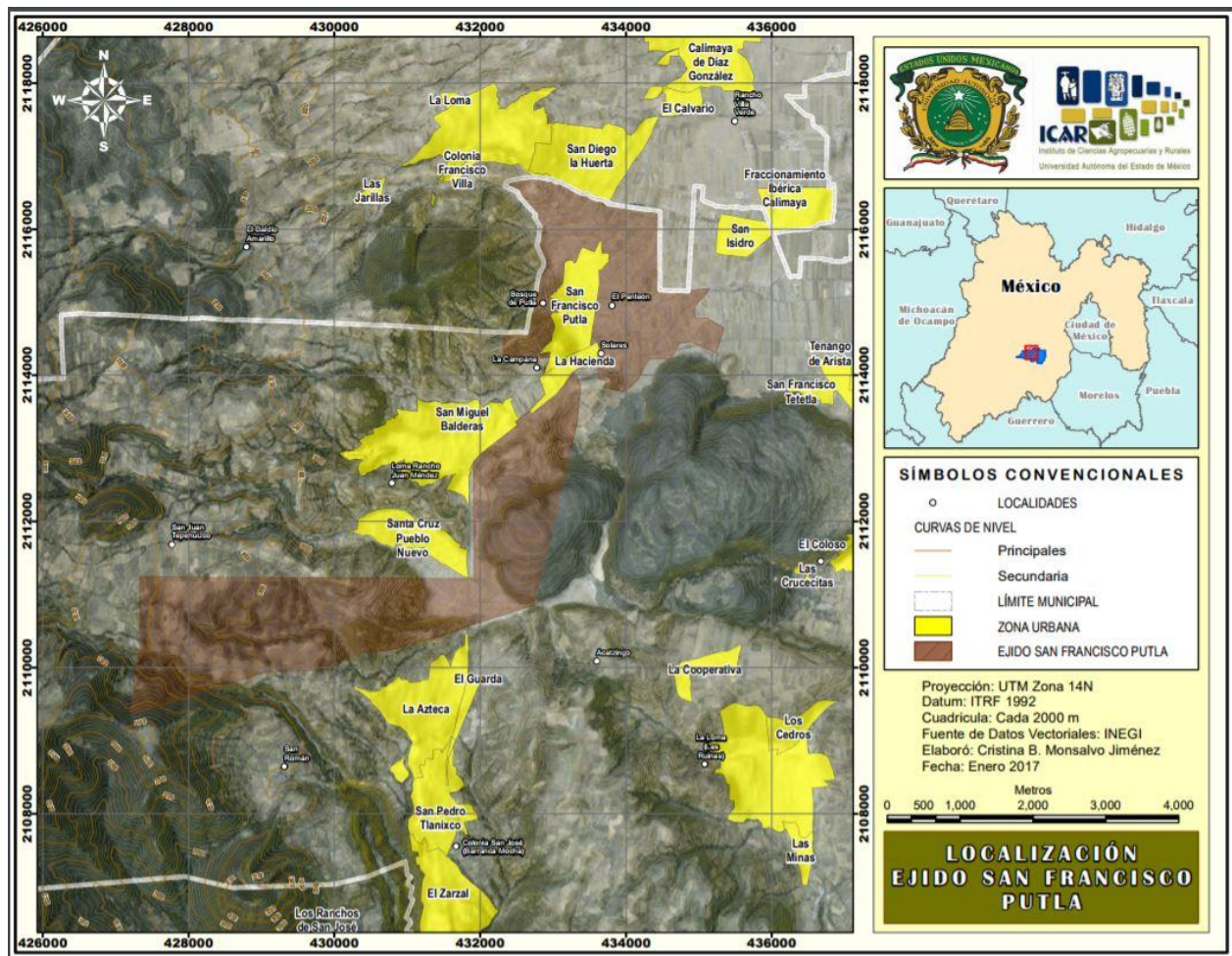


Figura 2. Mapa de localización del ejido de San Francisco Putla (Fuente: Elaboración propia).

3.2 Caracterización del sistema socioecológico agrícola

Se realizó una revisión cartográfica del área de estudio para obtener información: localización, geología, edafología, hidrología, clima, vegetación y demografía (INEGI, 2000). Además se llevó a cabo un recorrido de campo con informantes clave para conocer las áreas más importantes para las actividades productivas comunes e individuales. Para realizar este trabajo se utilizó una cámara fotográfica, un GPS y un cuaderno de apuntes (CONANP y GIZ, 2014).

3.3 Identificación de las amenazas climáticas pasadas y actuales

Se aplicaron 75 entrevistas semi-estructuradas dirigidas a informantes clave (personas dispuestas a colaborar de forma voluntaria, con experiencia y conocimiento en actividades agrícolas), utilizando como guía un cuestionario (Anexo 1) (Geilfus, 2002; Sampieri, 2010). Las entrevistas se llevaron a cabo de septiembre del 2016 a octubre del 2017, a través de un muestreo no probabilístico denominado intencional o de conveniencia, con las siguientes características: dirigidos a oriundos de la localidad, con nombramiento de ejidatarios de San Francisco Putla y que su actividad principal fuera la producción agrícola (Sampieri, 2010).

En las entrevistas se contemplaron aspectos sociales: nombre y edad del ejidatario, ocupación principal, otro tipo de ingresos económicos, tiempo de residencia en el ejido, grado de escolaridad; aspectos físicos: el tamaño de la unidad productiva, tipo de agricultura (temporal o riego), especies cultivadas, fechas de siembra y cosecha (periodo de desarrollo del cultivo). Además, se realizaron, algunas preguntas sobre percepción del clima como: ¿Ha cambiado el clima?, ¿En qué año identificó el cambio? ¿Cómo cambio la lluvia y la temperatura? ¿Aumentó, disminuyó, no ha cambiado o es variable? Los datos se ingresaron a una base de datos, donde las preguntas de percepción se codificaron de acuerdo a los objetivos de la investigación. Al codificar se avanza progresivamente en el proceso del análisis cualitativo (Izcara, 2014).

Posteriormente, se realizaron talleres participativos bajo el método propuesto por CONANP y GIZ (2014), los cuales se elaboraron desde una perspectiva constructivista, debido a que las actividades realizadas consideran los conocimientos previos de los participantes, que permite interacciones entre la comunidad y los investigadores, así como intercambio de opiniones y experiencias entre los involucrados.

En el Ejido de San Francisco Putla se realizó el primer taller participativo denominado “línea de tiempo y tendencia climática”, a este taller fueron invitados todos los entrevistados pero solo asistieron 11 ejidatarios. Los talleres se realizaron en la casa del Sr. Abdón, debido a que no se contaba con otro espacio.

En el taller el investigador que fungió como moderador y explicó el objetivo del taller y presentó a cada uno de los participantes. Los invitados se dividieron en tres grupos para promover la comunicación y evitar que los más expresivos sean quienes tengan mayor aportación de ideas. En cada grupo se les proporcionó hojas tamaño carta para anotar los sucesos históricos de la comunidad; para identificar las tendencias climáticas, debajo de la línea histórica se aparta una sección para anotar las tendencias y eventos climáticos. Para identificar los cambios climáticos a través del tiempo se pregunta por cambios en la variabilidad climática, por ejemplo, a través de variaciones de temperatura, precipitación pluvial, régimen de lluvias. Por último se presentó la línea de tiempo al grupo (Foto 1).

3.4 Identificación de la percepción de los pequeños productores al cambio climático.

En la identificación de la percepción se utilizaron los datos del primer taller, descritos en el punto 3.3, además se realizó el segundo taller participativo “***Efecto de la variabilidad climática en la producción agrícola***” el objetivo fue identificar los efectos del clima en las actividades agrícolas; identificar el periodo (meses) de calor, frío y lluvia e identificar los microclimas del área de estudio. En este taller asistieron 10 ejidatarios; se trabajó en conjunto con ellos para explicar la dinámica del taller. Se mostraron dos mapas de la zona del año 1989 y 2016 para observar las zonas cultivables del ejido.

3.5 Determinación de las estrategias de adaptación.

De acuerdo con los anteriores puntos 3.3 y 3.4 se identificaron las estrategias de adaptación que los pequeños productores tienen implementadas. Además se realizó el tercer taller participativo “***Estrategias de adaptación***”, la finalidad fue dialogar sobre las actividades realizadas en el ejido y que se consideran estrategias de adaptación, estas fueron seleccionadas a criterio del investigador principal de este estudio y de acuerdo a lo publicado por otros investigadores sobre el tema.



Foto 1. Talleres participativos en el Ejido de San Francisco Putla.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

El presente capítulo contiene los resultados obtenidos a partir de los objetivos establecidos en la investigación. Se realizó una breve descripción de las características del área de estudio. Parte de los resultados obtenidos se publicaron en dos capítulos de libro, el primero denominado “Análisis del sistema socioecológico Nevado de Toluca: Una aproximación multimetodológica” y el segundo nombrado “La percepción del clima y su relación con la agricultura”

4.1 Caracterización del sistema agrícola del Ejido de San Francisco Putla

La zona de estudio presenta una geología compuesta por rocas ígneas extrusivas. El relieve está conformado por llanura y lomerío (INEGI, 2009). Los tipos de suelo presentes son: Andosol, Regosol y Feozems (INEGI, 2009). Los Andosoles son suelos derivados de la intemperización de cenizas volcánicas, son muy ligeros, con una alta capacidad de retención de agua y fijación de fósforo. Además son esponjosos y de textura media (contenido de arcilla y arena menor de 35% y 65%, respectivamente), por lo cual son susceptibles a la erosión en grado moderado o alto (INEGI, 2001).

Los Regosoles suelos poco desarrollados cuya formación generalmente depende de la litología, pues se derivan de la roca que les subyace, pobre en materia orgánica. Entre las limitantes físicas para utilización agrícola se encuentran las profundidades someras (lecho rocoso a menos de 50 cm de profundidad), pendientes muy pronunciadas, así como la presencia de gravas y piedras en la superficie e interior (INEGI, 2001).

Los Feozems se caracterizan por presentar un horizonte A mólico, suave, rico en materia orgánica (más de 1%) y saturación de base mayor de 50%, por lo tanto el contenido de nutrientes (calcio, magnesio y potasio) es elevado. En general, la clase textural es media y su drenaje interno varía de drenado a moderadamente drenado. Las limitantes físicas para su uso y manejo son la presencia de una capa lítica (rocosa) o dúrica (tepetate) a menos de 50 cm de profundidad. Su susceptibilidad a la erosión es leve en las zonas planas y es moderada en laderas con pendientes más fuertes (INEGI, 2001).

Debido a la textura del terreno, éste es rico en minas de arena y de “tepojal” (Gobierno del Estado de México, 1871). El tepojal, también llamado Tepezil, es una arena arcillosa y material pétreo, de color blanco grisáceo, inerte, ligero y de alta porosidad. El problema ambiental que se observó (Foto 2) durante el recorrido de campo es la extracción de “tepojal”, los agricultores

manifestaron que han vendido el “Tepojal” presente en sus terrenos como una alternativa a los bajos ingresos en la producción agrícola o ante la necesidad de obtener dinero de forma inmediata por motivo de requerimientos familiares. Esta extracción ocasiona que la parcela pierda su capa fértil para el desarrollo de los cultivos y puede reducir el rendimiento de la producción.



Foto 2. Terreno con extracción de Tepojal.

En el Ejido de San Francisco Putla existe bosque de Aile (*Alnus jorullensis*), bosque mixto de Aile y Pino (*Alnus jorullensis* y *Pinus pseudostrobus*) y pastizales (Williame, 2015). En las zonas agrícolas se encuentran árboles aislados de Oyamel (*Abies Religiosa*), Encino (*Quercus sp.*), varias especies de Pinos (*Pinus Spp.*), Tepozán (*Buddleja sp.*), Sauce llorón (*Salix sp.*), Aile (*Alnus jorullensis*), Madroño (*Arbutus sp.*), Tejocote (*Crataegus sp.*), Saúco (*Sambucus nigra*), entre otros (Foto 3) (Gobierno del Estado de México, 1871).

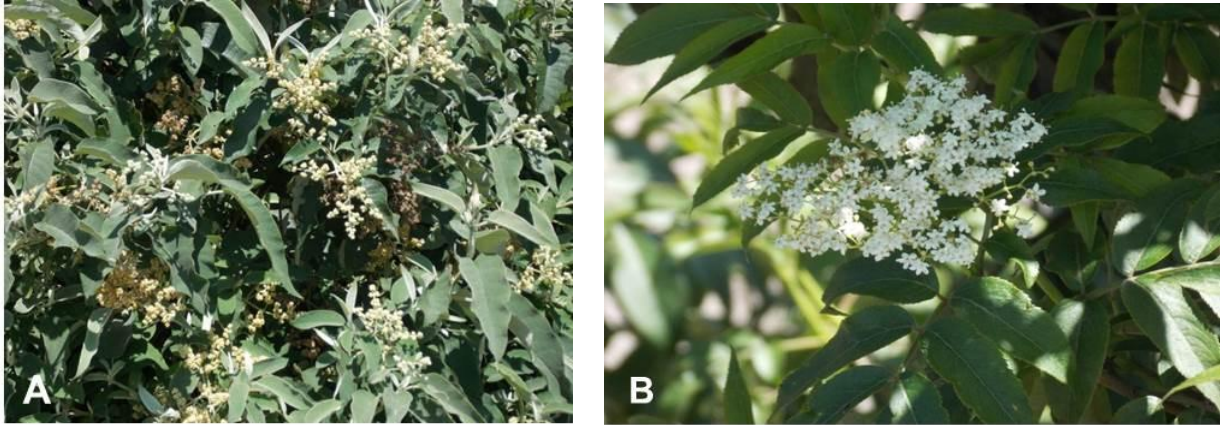


Foto 3 Algunos árboles en la zona de estudio (A. Tepozán B. Saúco).

Los cultivos producidos a cielo abierto son: Maíz (*Zea mays*) de grano y verde (elote), Brócoli (*Brassica* sp.), Coliflor (*Brassica* sp.), Lechuga (*Lactuca* sp.), Col (*Brassica* sp.), Chícharo (*Pisum* sp.), Papa (*Solanum* sp.), Nube (*Gypsophila* sp.), Alhelía (*Matthiola* sp.), Crisalia (*Aster* sp.), Cilantro (*Coriandrum sativum*), Zanahoria (*Daucus carota*), espinaca (*Spinacia oleracea*), tomate (*Physalis philadelphica*), Nopal (*Opuntia* sp.), Haba (*Vicia* sp.), Frijol (*Phaseolus* sp.) y avena forrajera (*Avena Sativa*) (Figura 3). De acuerdo a los entrevistados, las plantas más cultivadas son: Lechuga, Maíz (grano y verde), Alhelía, Flor de Nube y Chícharo; los menos cultivados son: zanahoria, espinaca, papa, frijol, nopal, tomate y avena forrajera (Foto 4). Todos los cultivos son anuales, a excepción del cultivo de Nopal que se cosecha cada dos meses durante todo el año debido a que es una planta perenne (FAO, 2018) y el Sr. Guillermo Maya sembró este cultivo hace 10 años, comento que la fertilización se realiza dos veces al año (marzo y agosto); se aplica insecticida y fumigante durante el año.

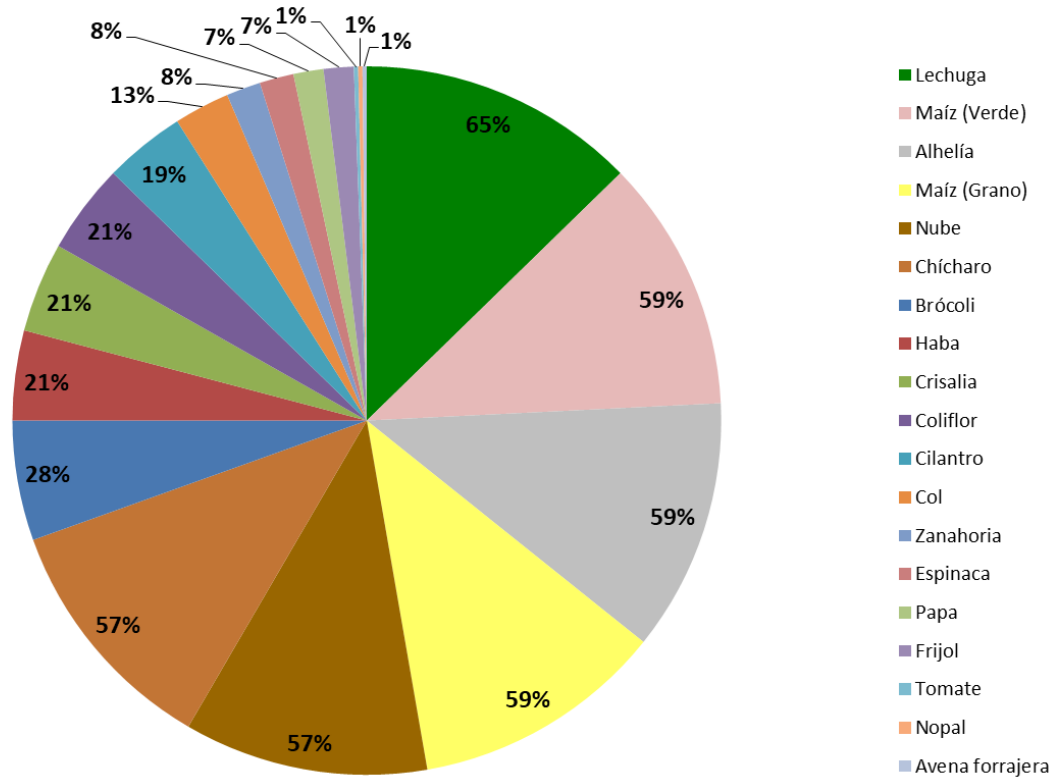


Figura 3. Porcentaje de agricultores que cultivan diversas plantas.



Foto 4. Algunos cultivos producidos en San Francisco Putla, A. Col, B. Crisalia, C. Nube, D. Brócoli.

El 89% cultivan en condiciones de temporal y el 11% de riego por rodada (51 ejidatarios cuentan con agricultura de riego de los 501 ejidatarios que conforman el ejido de San Francisco Putla (PHINA, 2016). La producción es comercial, emplea agroquímicos, no cuentan con infraestructura por lo tanto utilizan mano de obra (peones). Algunos campesinos cuentan con tractores y otros más los rentan para utilizarlos en sus actividades agrícolas. En el trabajo de campo se observó una parcela donde se utilizó la técnica de riego por gravedad o rodada (Foto 5).



Foto 5. Canal para la distribución del agua de riego (izquierda) y erosión del suelo por el agua (derecha).

En el calendario 2016 se ejemplifican la parcela 1 con el inicio en el mes de enero con el cultivo de haba, el cual hasta el cuarto y quinto mes se comienza con la cosecha, se deja descansar el terreno un mes y posteriormente se siembra la flor Crisalia que tiene un periodo de desarrollo de cuatro meses. En la segunda parcela se siembra brócoli, esta planta se desarrolla en cuatro meses y el corte coincide en el mismo mes que se inicia con la siembra de la flor de nube, lo que indica que esta parcela no descansa la tierra para el siguiente cultivo (Figura 4). Se observa que se aplica productos químicos como herbicida, fertilizantes, plaguicidas e insecticida sin especificar los nombres de estos.

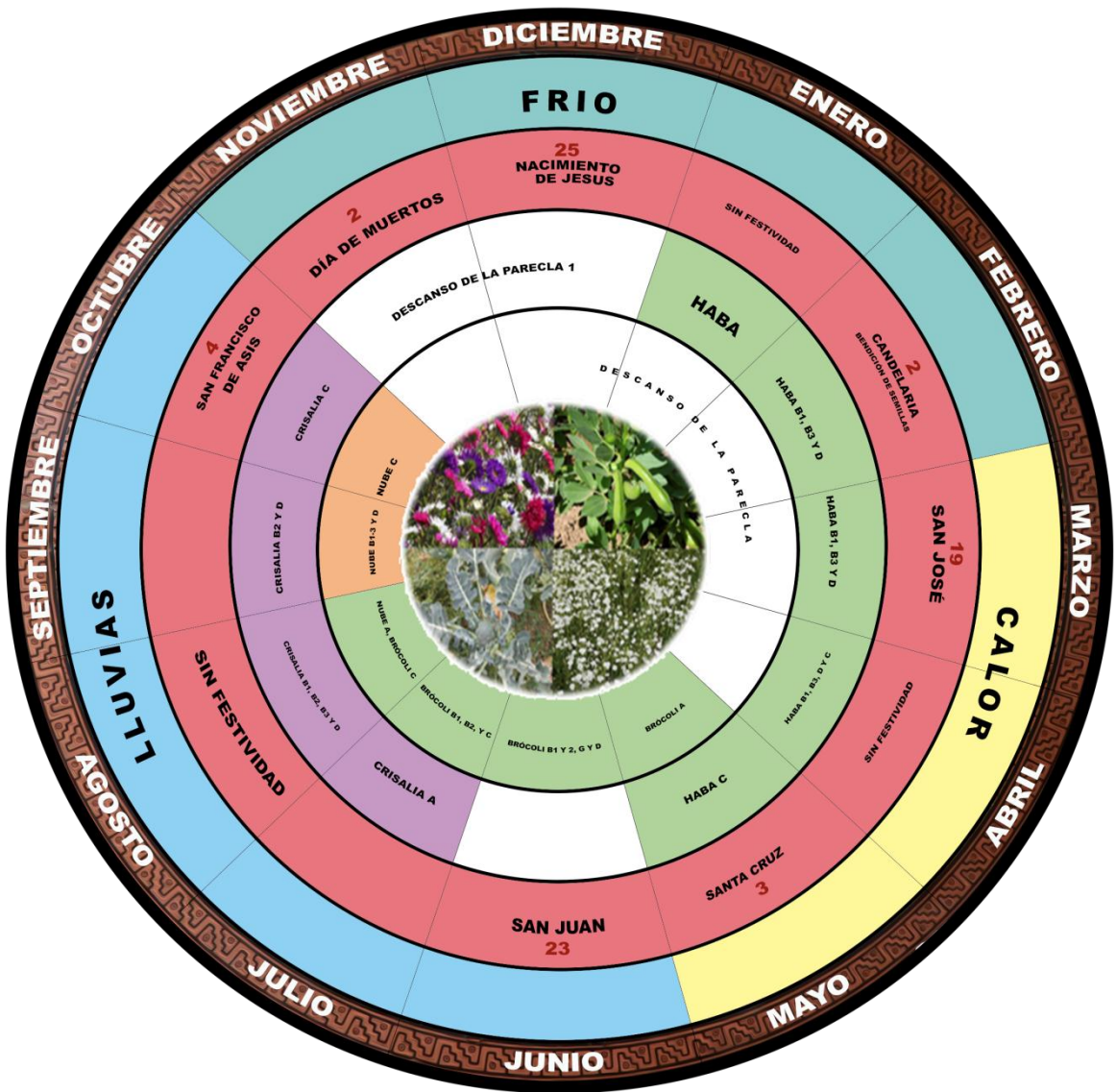


Figura 4. Calendario agrícola del año 2016 en dos diferentes parcelas. Descripción de las actividades agrícolas (A: barbecho, abono, surcado y siembra; B1: aplicación de herbicida; B2: aplicación de plaguicida; B3: aplicación de insecticida; B4: aplicación de fertilizante; C: cosecha; D: deshierbe, E: escarda; F: deshijar; G: amarre).

Actualmente (2016) las plantas cultivadas se diversificaron a 14 especies y al respecto el Sr. Abdón señaló “*Los cultivos que ahora tenemos se debe a que hace más calor*” se hace referencia al cultivo de como Alhelía, Cempasúchil, Crisalia y Nube. Según lo reportado por Hatfield y Prueger (2015), las variables de temperatura y precipitación afectan los procesos fisiológicos de las plantas. Verdegue (1999) concluye que el alhelí tiene un rango de temperatura

para un crecimiento óptimo que oscila entre los 5°C a 23 °C, siendo el ciclo de cultivo más largo cuando las temperaturas son bajas y más corto cuando son altas.

Datos climáticos de temperatura y precipitación

El periodo de lluvias inicia a partir del mes de mayo y comienza a disminuir en el mes de octubre, como se observa en el climograma (Figura 5). Los meses más cálidos son abril, mayo y junio; Las temperaturas bajas, menores a los 10 °C se presentan en los meses de enero y diciembre. Derivado de la encuesta a los ejidatarios se observó que los cultivos se producen en la temporada de lluvias debido a que no cuentan con sistema de riego.

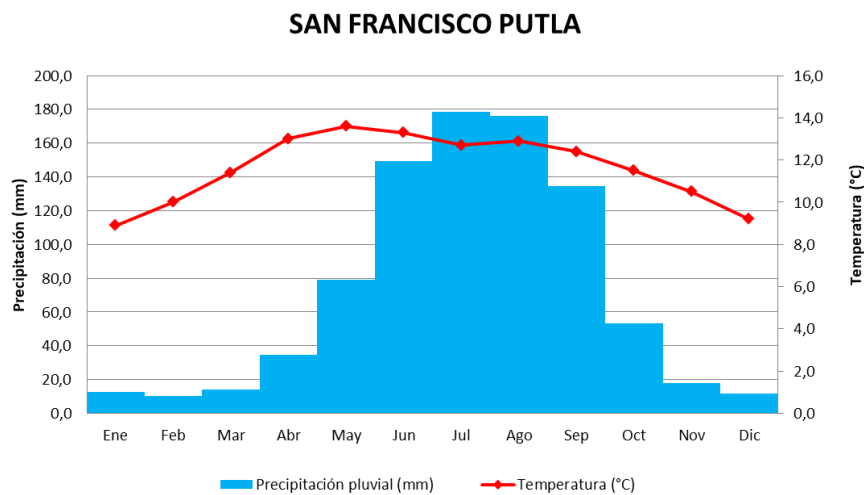


Figura 5. Climograma de San Francisco Putla del año 2015.

Los agricultores conocen las variaciones microclimáticas que se presentan en la zona de estudio, es por ello que se identifican las áreas frías y áreas templadas. En la figura 6 se observa que la temperatura máxima ha incrementado en el transcurso de los años, comparando entre décadas de los 80', 90' y 2000. Además los datos de precipitación sugieren que existe un cambio en la distribución de las lluvias, ya que para la década de los 2000 existe una disminución de la temperatura pero una amplitud en los meses que se presentan las lluvias (SEMARNAT, 2014).

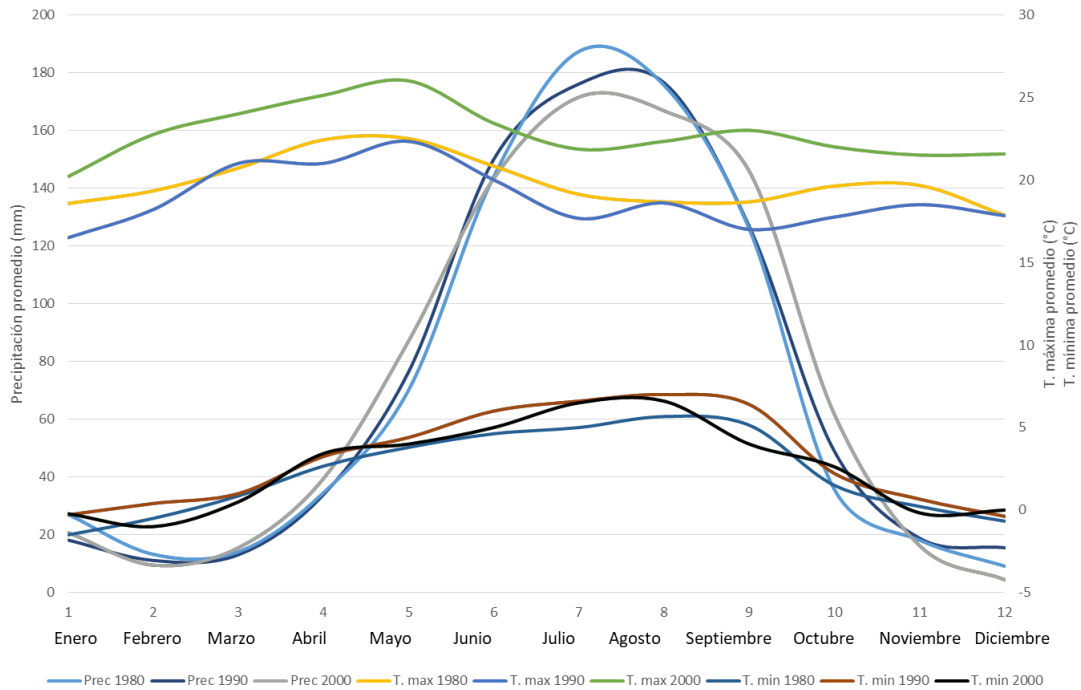


Figura 6. Precipitación, temperatura máxima y mínima por décadas (1980, 1990 y 2000).

En el taller participativo “Línea de tiempo y tendencia climática” se especificó por parte de los ejidatarios que existe un cambio en el clima y lo perciben con el aumento en la temperatura ambiental, ya que recuerdan que por los años 50’ observaban que el frío provocaba que las tuberías se congelaran y actualmente en el 2016 esta situación ya no se presenta (Figura 7).

En este taller se sugiere que debido al aumento en la temperatura surge el desarrollo del cultivo de flor como la Alhelí, Crisalia, Nube y Cempazuchitl, además se debe a una cuestión política que modificó sus cultivos, ya que recuerdan que sus abuelos y padres sembraban el maíz como forma de subsistencia y que el apoyo lo recibían por parte del gobierno a través de la CONASUPO (Compañía Nacional de Subsistencias Populares), pero al desaparecer el apoyo el campo sufre una transformación (OCDE, 1997).

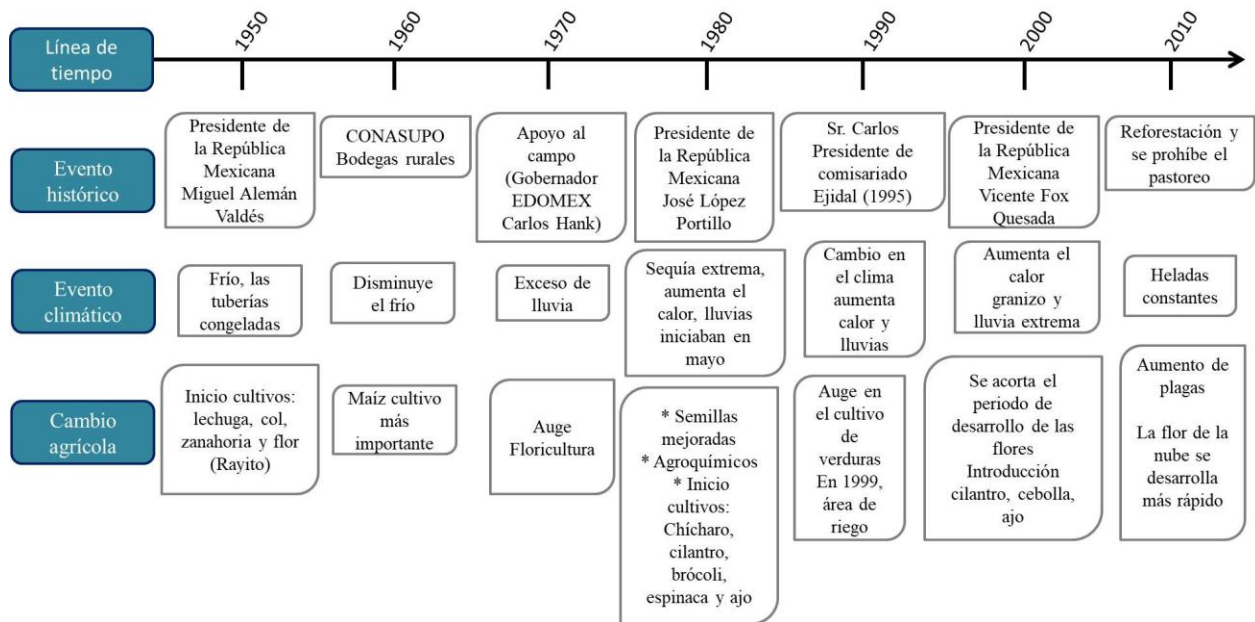


Figura 7. Línea de tiempo de los eventos climáticos y cambios agrícolas en el Ejido de San Francisco Putla.

4.2 *Capítulo de libro “Análisis del sistema socioecológico Nevado de Toluca: Una aproximación multimetodológica”*



Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio

Rafael Calderón-Contreras
Coordinador



Los Sistemas Socioecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio

©Rafael Calderón Contreras

Coordinador.

Diseño de cubierta; Luz María Zárate.

Primera edición julio de 2017, Ciudad de México.

©Universidad Autónoma Metropolitana

Prolongación Canal de Miramontes 3855

Ex Hacienda San Juan de Dios

14387, Tlalpan

Ciudad de México

Unidad Cuajimalpa.

Av. Vasco de Quiroga 4871

Santa Fe

05348 Cuajimalpa

Ciudad de México

Derechos reservados para todas las ediciones en castellano

© Editorial Gedisa, S. A,

Avda. Tibidado 12, 3º

08022, Barcelona, España

ISBN UAM 978-607-28-1092-1

ISBN Gedisa 978-607-8231-18-8

La presente obra es resultado del apoyo económico recibido por la Red de Socioecosistemas y Sustentabilidad del Conacyt (redsocioecos.org) y por parte de la Coordinación de la Investigación Científica (CTIG) Y el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) DE LA Universidad Nacional Autónoma de México. El libro fue dictaminado positivamente por pares académicos mediante el sistema doble ciego, y evaluado y liberado para su publicación por el Comité Editorial del Departamento de Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y ratificado por el Consejo editorial para el uso del logo de la Unidad Cuajimalpa.

Queda prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio de impresión, en forma idéntica, extractada o modificada, en castellano o cualquier otro idioma.

Índice

Prólogo

Patricia Balvanera

Levy.....8

Los sistemas socioecológicos y su resiliencia: una introducción

Rafael Calderón-

Contreras.....12

1. Socioecosistemas y resiliencia. Fundamentos para un marco analítico.

Jacopo Baggio

Rafael Calderón – Contreras.....23

I. Efectos socioecológicos de problemas

Globales.....39

2. La migración inducida por causas ambientales desde el enfoque de socioecosistemas: los casos de México y Brasil.

Bernardo Bolaños Guerra.....40

3. El plástico en los océanos desde la perspectiva de los sistemas socioecológicos: una aproximación teórica

Mónica Velázquez Téllez.....56

II. Aproximaciones metodológicas al estudio de los

SSE.....68

4. La relación hombre-medio en un sistema socioecológico del sur del Estado de México

Bonifacio Doroteo Pérez Alcántara; Ma. del Rosario Canales Vega;

Rafael Calderón-

Contreras.....69

5. Análisis del sistema socioecológico Nevado de Toluca: Una aproximación multimetodológica Cristina Berenice Monsalvo Jiménez; Angel Rolando Endara Agramont; Eufemio Gabino Nava Bernal; Martha Mariela Zarco González; Francisco Javier García Monroy; Leticia Bermúdez Rodríguez; Sandra Sanjuanero Poblano.....	87
6. El monitoreo participativo herramienta para el estudio de los socioecosistemas, un ejemplo en la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México Lucia Almeida Leñero; Giselle Arroyo-Crivelli; Karen Centeno-Barba; Verónica Aguilar-Zamora; Nancy Arizpe; Alya Ramos	106
III. Conservación como base para la resiliencia en sistema socioecológicos.....	122
7. Resiliencia de la reserva de la biosfera de la mariposa monarca (RBMM) Gustavo Manuel Cruz Bello; José López García.....	123
8. Una visión socioecosistémica de las reservas naturales: la reserva de la biosfera barranca de Metztitlán como caso de estudio. Cecilia L. Jiménez Sierra; Daniel Torres- Orozco; José Carlos Martínez López; Alma Delia Toledo-Guzmán.....	138
IV. Resiliencia de recursos hídricos en SSE.....	159
9. Análisis socioecológico de la cuenca del río Magdalena, Ciudad de México Nancy Arizpe; Lucia Almeida-Leñero; Julieta Jujnovsky; Alya Ramos Ramos.....	160

10. Resiliencia en el sistema socioecológico del Valle de Toluca ante problemas de estrés hídrico. Citlalli Aidee Becerril Tinoco.....	179
V. Resiliencia de SSE emblemático.....	202
11. Fuego e inundaciones, Paisajes Culturales en las Llanuras Amazónicas Sazcha Marcelo Olivera Villarroel; María del Pilar Fuerte-Celis.....	203
12. Caracterización socioecológica en un espacio de transición entre lo rural y lo urbano del Estado de Morelos. Laura Elisa Quiroz Rosas.....	223
13. La implementación de parques eólicos en el istmo Oaxaqueño: el devenir de una problemática socioecológica Romana E. Zárate Santiago.....	244

Análisis del sistema socioecológico Nevado de Toluca: Una aproximación multimetodológica

Cristina Berenice Monsalvo Jiménez

Doctorado en Ciencias Agropecuarias

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Angel Rolando Endara Agramont

Profesor-Investigador

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Eufemio Gabino Nava Bernal

Profesor-Investigador

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Martha Mariela Zarco González

Profesor-Investigador

Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas

Universidad Autónoma del Estado de México

Francisco Javier García Monroy

Asistente de Investigación

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Leticia Bermúdez Rodríguez

Asistente de Investigación

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Sandra Sanjuanero Poblano

Asistente de Investigación

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR)

Universidad Autónoma del Estado de México

INTRODUCCIÓN

Las Áreas Naturales Protegidas de ecosistemas forestales son fuertemente impactados por las actividades humanas, como la agricultura, ganadería, extracción forestal, entre otras, que repercute directa o indirectamente, sobre el bienestar humano, debido a que afecta el funcionamiento de los ecosistemas y su capacidad de generar servicios ambientales importantes para la sociedad (Rands, *et al.*, 2010).

En el presente capítulo se considera el análisis del Sistema Socio-Ecológico (SSE) Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), debido a su capacidad de captación de agua que abastece a la Ciudad de Toluca, su zona metropolitana y parte del Valle de México, entre otros servicios ecosistémicos (CONANP, 2013). Con la teoría de SSE se identifican los sistemas sociales y los sistemas naturales como una unidad integrada, de transformación continua desde un enfoque espacial y temporal.

El APFFNT ha sufrido dos transformaciones importantes en la forma de identificar esta área, primero se categorizó como Parque Nacional debido a su belleza escénica, valoración científica, educacional, recreativa y por su capacidad para el desarrollo turístico, sin embargo, esta categoría no era compatible con la tenencia de la tierra (LGEEPA, 2016). La nueva categoría: Área de Protección de Flora y Fauna busca la conservación ambiental, así como involucrar a las comunidades ejidales y comunales. El decreto prohíbe nuevos asentamientos humanos, explotación forestal, cacería ilegal y otras actividades que son la causa del deterioro ambiental.

El análisis se realizó a partir de tres principios de resiliencia propuestos por Biggs, *et al.* (2015) siendo estos: la conectividad, la diversidad y redundancia, así mismo la retroalimentación y las variables lentas y rápidas. En este capítulo, se establece el marco teórico que evalúa la relación existente entre el componente social y ecológico en el APFFNT, considerando la importancia de este ecosistema como proveedor de servicios ambientales. Se identifica la dinámica de transformación del ecosistema forestal y la influencia del sistema social.

Con respecto a la conectividad en el APFFNT determinada por el uso, el manejo, investigación y actividades recreativas de los recursos naturales del ecosistema forestal, se identificaron los nodos de conexión del sistema social y ecológico, se considera importante las interacciones que existen entre las instituciones educativas y las instancias gubernamentales que profundizan en el

reconocimiento de los servicios ambientales del APFFNT aunque falta coordinar esfuerzos para el adecuado manejo de estos recursos naturales.

La diversidad forestal se abordó, por su heterogeneidad en términos de especies y ecosistemas forestales. Así mismo, también por elementos sociales de las comunidades asentadas en el APFFNT que utilizan estos recursos como una forma de subsistencia. Esta diversidad se identificó, de acuerdo con Stirling (2007) utilizando tres aspectos interrelacionados entre sí: variedad, balance y disparidad.

Además, se analizó la variable lenta, es decir, la tenencia de la tierra y la variable rápida, que en este caso es el cambio de uso del suelo, que contribuyen a la configuración del Sistema socioecológico del APFFNT.

MARCO TEÓRICO

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son consideradas como Sistemas Socioecológicos (SSE) (Berkes y Folke, 1998) debido a que existe una interrelación compleja de dos subsistemas: el ecológico y el social (Resilience Alliance, 2010). Estas áreas son importantes porque ofrecen a las comunidades servicios ecosistémicos de provisión (alimentos, combustibles, agua, maderas y fibras); de regulación (climática, purificación de agua y regulación de enfermedades); de soporte (ciclo de nutrientes, formación de suelo y producción primaria); y cultural (espiritual, educativa y recreativa) (MEA, 2005). Por esto mismo, las ANP fueron creadas para conservar y preservar los ecosistemas (SEMARNAT y CONANP, 2016).

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en su artículo 46, incluye las categorías de las ANP; las de competencia Federal son: reserva de la biosfera, parque nacional, monumento natural, área de protección de recursos naturales, área de protección de flora y fauna, santuarios y áreas destinadas voluntariamente a la conservación. Las actividades permitidas en las ANP son las relacionadas con su preservación, investigación científica, recreación y educación (LGEEPA, 2016).

Las ANP difieren entre ellas como se menciona a continuación: Las reservas de la biosfera son aquellas regiones donde habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, tienen un sistema más restringido, en las áreas núcleo, se excluye la presencia humana, excepto para

actividades de investigación; en las áreas de amortiguamiento, las actividades productivas son aceptadas siempre y cuando las realicen las comunidades que habitan en la zona (LGEEPA, 2016).

Los parques nacionales son aquellas áreas que presentan belleza escénica, valor científico, educativo, de recreo y por su aptitud para el desarrollo del turismo, en esta zona se permite la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales (LGEEPA, 2016).

Los monumentos naturales se establecen en áreas que contienen uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales. Estos monumentos no presentan la variedad de los ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo (LGEEPA, 2016).

Las áreas de protección de recursos naturales, son aquellas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal, siempre que dichas áreas no queden comprendidas en otra de las categorías previstas por la legislación (LGEEPA, 2016).

Las áreas de protección de la flora y la fauna son aquellos lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres. En estas áreas se permite la realización de actividades relacionadas con la repoblación, propagación, aclimatación y refugio. En esta zona se autoriza el aprovechamiento de los recursos naturales sólo para las comunidades residentes (LGEEPA, 2016).

Los santuarios son aquellas áreas que se establecen en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna, o por la presencia de especies, subespecies o hábitat de distribución restringida. Dichas áreas abarcarán cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas. Las actividades de aprovechamiento no extractivo quedan restringidas a los programas de manejo (LGEEPA, 2016).

Las áreas destinadas voluntariamente a la conservación son aquellas que presentan cualquiera de las características señaladas en las anteriores categorías (LGEEPA, 2016).

Para entender a los SSE es preciso identificar los procesos que determinan el uso, regeneración, conservación y destrucción de los recursos naturales. Las relaciones existentes entre los sistemas

sociales y biológicos provoca que sí alguno de los dos componentes sufre alguna transformación, el otro también será afectado, de manera positiva o negativa (McGinnis y Ostrom, 2014).

Por ejemplo, en un ecosistema forestal, los bioelementos están contenidos en compartimentos, como: en la biomasa forestal, herbácea y subterránea; en la hojarasca acumulada (mantillo) y en la reserva húmica del suelo (humus) (Gallardo, 2002). Estos nutrientes, se mueven en la biosfera de un compartimiento a otro. La dinámica de transformación está regulada por las entradas (meteorización de la roca madre, fijación de nitrógeno, aportes atmosféricos y transferencia por biota), el flujo de nutrientes entre plantas y suelo, (absorción radicular y foliar, abscisión de hojas y descomposición), y las salidas de nutrientes del ecosistema (lixiviación, escorrentía, transferencia por biota y explotación de recursos) (Imbert *et al.*, 2004).

Las entradas y salidas de nutrientes están en constante equilibrio, el reciclaje eficiente de nutrientes que pasan del suelo a la biomasa y viceversa permite el crecimiento de los bosques; sin embargo, el ciclo sufre trastornos cuando se extrae grandes cantidades de biomasa, alterando este proceso y reconfigurando el sistema (Sánchez y Palm, 1996). Aunque los procesos básicos del ciclo de nutrientes son comunes en todos los ecosistemas, las velocidades de los procesos varían de un ecosistema a otro (Imbert, *et al.*, 2004), en ecosistemas forestales templados, la velocidad de transformación por humificación o meteorización será lento debido a las bajas temperaturas, mientras que en zonas tropicales este proceso es más rápido (Lamprecht, 1990).

Al alterar la dinámica de los bosques, el SSE auto-organiza su configuración o régimen, cada tipo de configuración provee un conjunto de servicios ecosistémicos con distintos usos y consecuencias para diferentes usuarios, si los límites críticos del sistema, demarcados por las variables lentas son excedidos, se pueden originar cambios de regímenes, así como cambios en los procesos de retroalimentación dominantes (Biggs, *et al.*, 2015).

Dentro de la jerarquía de los sistemas sociales, los diferentes grupos de individuos u organizaciones que lo conforman tienen diferentes percepciones o visiones sobre cuál es el estado deseado del SSE. De tal manera, que cualquier toma de decisiones relativa a la gestión de los servicios de los ecosistemas, afecta a la estructura y funcionamiento tanto de los ecosistemas como de los sistemas sociales (Abasolo, 2006).

Por ejemplo, en la obtención de los alimentos, a través de la evolución social de la humanidad y de su dispersión espacial, se desarrollaron diversos sistemas o complejos tecnológicos para

conseguir la subsistencia. La obtención de los alimentos es, probablemente, la actividad social y cultural que pone más en contacto a los seres humanos con su ambiente (Berdichewsky, 2002).

Investigaciones referentes a las variables de los SSE (Gunderson y Holling 2002; Norberg y Cumming 2008, citados por Biggs, *et al.*, 2015 p. 109), “concluyen que los procesos de las variables lentas establecen la forma de estructura del SSE, mientras que la dinámica del sistema surge de las retroalimentaciones e interacciones de variables rápidas en respuesta a las condiciones creadas por las variables lentas”.

El mecanismo de retroalimentación del sistema puede ejemplificarse a través de un ecosistema fluvial: El cauce del río por sí mismo influye en el caudal, en la corriente y en la formación de remolinos. Por consecuencia, a través del proceso de remoción, asentamiento y vaciamiento de lodos, el caudal puede ser modificado, alterando el cauce del río original. La estructura determina los procesos directa e inmediatamente (variable rápida), mientras que los procesos (variable lenta) pueden modificar la estructura a través del tiempo y de forma paulatina (Pretzsch, 2009).

La estructura forestal puede ser considerada como elemento clave dentro del sistema. La transición de las plantas entre categorías diamétricas ocurre durante periodos prolongados de tiempo, y la forma de los árboles en las categorías mayores tiene influencia directa en el crecimiento de las plántulas y vegetación de sotobosque; el tamaño de la copa, la ramificación y el desarrollo del sistema radicular afectan a los procesos como la absorción de luz, la evapotranspiración, temperatura, infiltración de agua, fotosíntesis y el intercambio de gases que tienen repercusiones en el crecimiento vegetal y la fauna del lugar. En consecuencia, la estructura forestal determina la competencia entre individuos y juega un papel central en el renuevo del recurso (Pretzsch, 2009).

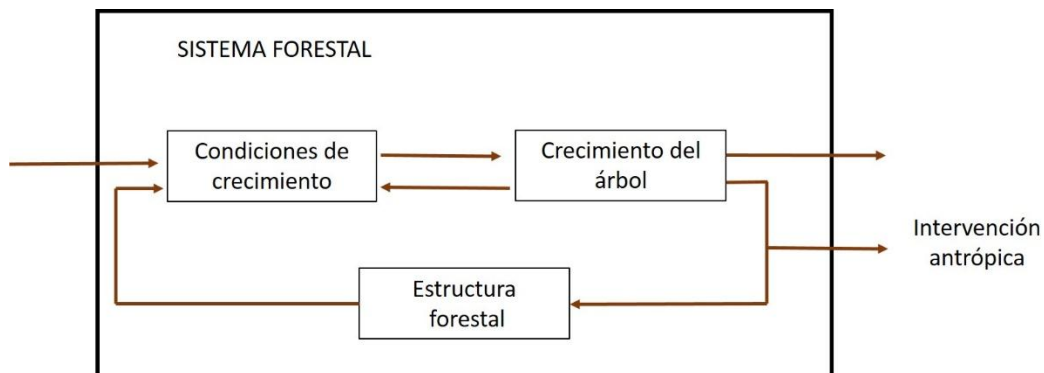


Figura 1. Cadenas de retroalimentación que determinan la dinámica de la estructura forestal. Adaptado de: Pretzsch, 2009. p. 226.

De acuerdo con Pretzsch (2009), para el sistema forestal, existen dos cadenas de retroalimentación diferenciadas por el tiempo de influencia; la primera (crecimiento del árbol --- condiciones de crecimiento --- crecimiento del árbol) que ocurre de manera relativamente rápida, sucede por ejemplo, cuando los árboles influyen en las condiciones de crecimiento de sus vecinos de categorías menores, a través de sus actividades fisiológicas, modificando la humedad y el contenido de carbono en la atmósfera debido a la evapotranspiración.

La segunda cadena de retroalimentación (crecimiento del árbol --- estructura forestal --- condiciones de crecimiento --- crecimiento del árbol), ocurre de manera lenta cuando los árboles influyen en otros a través de procesos que pueden generar cambios en la misma estructura forestal. Por ejemplo, las oportunidades de desarrollo de un árbol creciendo bajo condiciones óptimas de luz, son mejores comparadas con un árbol establecido en zonas sombreadas. El paso entre categorías diamétricas del árbol a través del tiempo, modificará la estructura del rodal, afectando la distribución espacial de los árboles vecinos.

Las actividades silvícolas como la poda de ramas bajas para evitar dispersión del fuego, el raleo para controlar la densidad del bosque, remoción de suelo para favorecer la germinación, actividades culturales para control de plagas, así como la aplicación de agroquímicos, pueden modificar la estructura forestal y afectar las condiciones de crecimiento como la disposición de luz solar, disponibilidad de agua y el ciclo de reciclaje de nutrientes en suelo (Pretzsch, 2009).

El crecimiento de los árboles, o dicho de otro modo, el proceso por el cual los árboles cambian de categorías diamétricas, puede considerarse como variable lenta del sistema, y acorde a Walker *et al.* 2012 (citado por Biggs, *et al.*, 2015 p. 109), las variables lentas controlan la configuración del sistema, por lo tanto, las presiones que generan cambios en sus procesos, pueden exceder los umbrales o límites críticos del sistema.

MÉTODOS

En el presente capítulo se realizó el análisis del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT) considerándolo como un sistema socio-ecológico. El APFFNT se localiza en el Estado de México y comprende una superficie de 53, 590 hectáreas y comprende los municipios

de Almoloya de Juárez, Amanalco de Becerra, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Guerrero, Villa Victoria y Zinacantepec (CONANP, 2013).

Esta área fue decretada el 25 de enero de 1936 como Parque Nacional, y modificada el 19 de febrero de 1937 para establecer una reserva forestal nacional dentro del parque. La última modificación fue el 1 de octubre de 2013, fecha en la cual cambio a la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (CONANP, 2013).

El análisis del APFFNT como un SSE y se partió de tres principios de resiliencia propuestos por Biggs, *et al.*, 2015, siendo: conectividad; diversidad y redundancia; retroalimentación y variables lentas. Además se realizó una revisión bibliográfica a partir de libros, revistas científicas, tesis y páginas web de las investigaciones realizadas en el APFFNT para documentar la información registrada.

CONECTIVIDAD

Se ilustra la conectividad en el APFFNT determinada por el uso de los recursos naturales del ecosistema forestal, este análisis puede ayudar empíricamente a identificar los patrones que influyen en la resiliencia de este SSE.

Conectividad en el APFFNT organizada en una estructura azarosa

Las comunidades del APFFNT, tienen un estrecho vínculo con los ecosistemas forestales, debido a su cercanía y a los beneficios que obtienen de los sistemas como los servicios ambientales, a pesar, de encontrarse alejadas de las regiones de mayor actividad económica, como el Valle de Toluca. Considerando la definición de conectividad (Biggs, *et al.*, 2015), las partes sociales que conforman el sistema de socio-ecológico del APFFNT (denominado nodos de conexión) son:

1. Comunidades locales (un total de 16 localidades entre ejidatarios y comuneros)
2. Instituciones educativas (UAEMex, UNAM, UAM)
3. Dependencias Federales: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
4. Instancias estatales: Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) y la protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE)
5. Visitantes provenientes de diferentes partes de la República Mexicana

Además, para complementar los nodos de conexión del SSE se presentan los recursos que constituyen la parte ecológica, los cuales se dividen en recursos forestales maderables, que están constituidos por la vegetación leñosa. Estos recursos se utilizan con fines domésticos o comerciales:

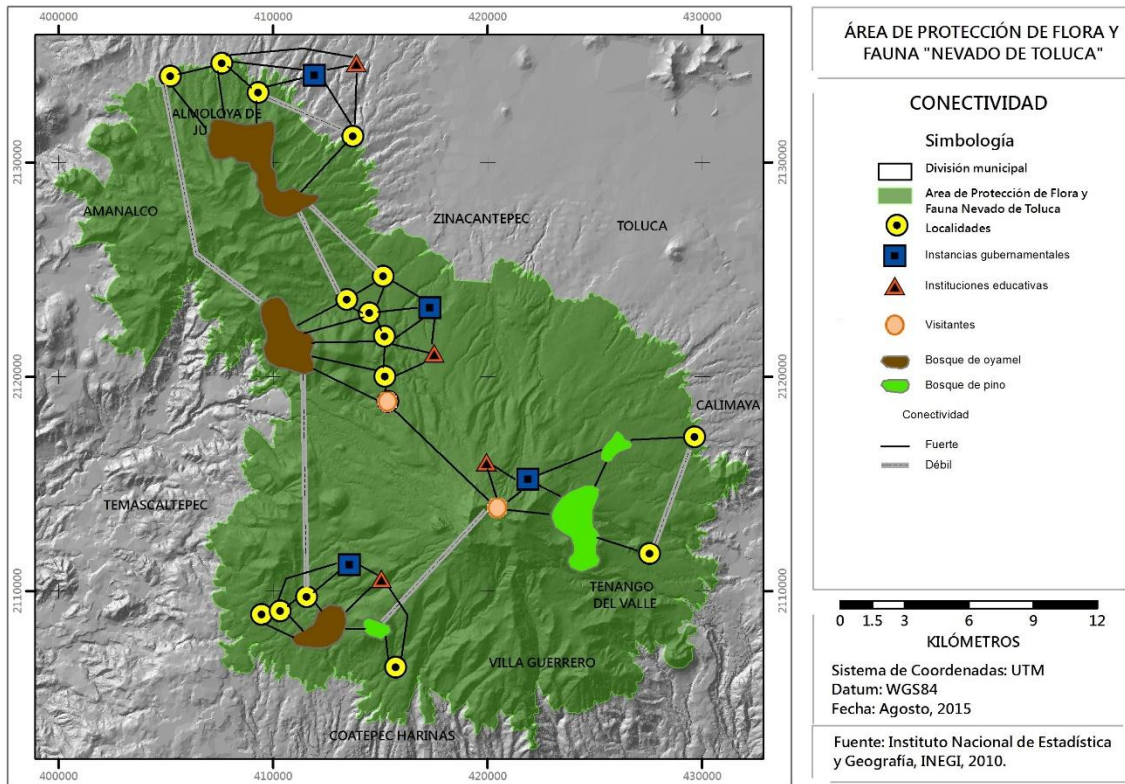
- Bosque de oyamel
- Bosque de pino
- Bosque de encino
- Bosque de aile
- Bosque mixto

Los recursos forestales no maderables son la parte no leñosa de la vegetación de un ecosistema forestal. En algunos casos, estos recursos generan ingresos al interior de las familias y algunos son parte importante en la dieta alimenticia:

- Hongos silvestres
- Perilla
- Tierra de monte
- Plantas medicinales

La estructura de conexión entre la parte social y ecológica es de tipo azarosa, porque cada nodo tiene en promedio el mismo número de enlaces a otros nodos (Biggs, *et al.*, 2015). En el mapa 1, se ilustra las interacciones entre la parte social y ecológica pueden influir en la resiliencia del SSE. Las localidades cercanas entre sí se consideran que presenta una fuerte conectividad entre ellas, aunque falta realizar investigaciones al respecto para identificar las comunidades que estas interactuando entre ellas (mapa 1, símbolo círculo amarillo).

Por ejemplo, en estas condiciones naturales de alta montaña, la población adoptó formas de vida específicas en el entendido que el APFFNT cuenta con una gran diversidad florística y sus habitantes la aprovechan para satisfacer diversas necesidades, entre la que destacan los usos para: construcción, combustible, alimenticio, ornamental, medicinal, entre otros (Anastacio, 2014). El sotobosque es utilizado para el pastoreo extensivo de ganado ovino y bovino, el cual representa una fuente de ingresos para la población local tanto por la venta de animales como por el alquiler de tierras de pastoreo, sin embargo, esta actividad dificulta el desarrollo de los renuevos del bosque (Abasolo, 2006).



Mapa 1. Ilustración de las conexiones tipo de interacciones en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

El APFFNT es una Área Natural Protegida de carácter Federal, es administrada por algunas instancias gubernamentales como la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) y la protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), las cuales colaboran en la tarea de vigilancia y protección del ANP (Mapa 1, se representa con un cuadro azul).

Las instituciones educativas juegan un papel importante en el aporte de conocimiento del SSE, investigaciones que incluyen obras de control de erosión, restauración forestal, identificación de plagas y enfermedades, determinación taxonómica de las especies forestales, herbáceas y arbustivas, entre otras que profundizan en el reconocimiento de los servicios ambientales que el APFFNT para el adecuado manejo de estos recursos naturales (CONANP, 2013) (Mapa 1, se simboliza con un triángulo anaranjado).

Los visitantes provenientes de diferentes partes de la República Mexicana, son visitantes del APFFNT, debido al principal atractivo del área que es el cráter del Nevado de Toluca. La comunidad local ha intervenido en la administración de los recursos naturales y su aprovechamiento con fines recreativos, como una alternativa para allegarse de recursos económicos que les permitan subsistir. De esta forma, el ejido de San Juan de las Huertas realiza la gestión actual del Parque Estatal Los Venados (Mapa 1, representado en círculo anaranjado).

Los ecosistemas forestales del APFFNT, son los principales proveedores de servicios ambientales del Valle de Toluca, por lo tanto existe una conectividad del recurso natural con la comunidad local y circunvecina, así como de aquellas dependencias gubernamentales que contribuyen al manejo de la zona (CONANP, 2013) (Mapa 1, representado por polígonos verde y café).

DIVERSIDAD Y REDUNDANCIA

La diversidad forestal puede ser abordada, en esencia, por su heterogeneidad en términos de especies y ecosistemas forestales. Así mismo, también por elementos sociales de las comunidades asentadas en el APFFNT. De acuerdo con Stirling (2007) se puede identificar la diversidad del SSE a través de tres aspectos interrelacionados entre sí: variedad, balance y disparidad.

Variedad del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

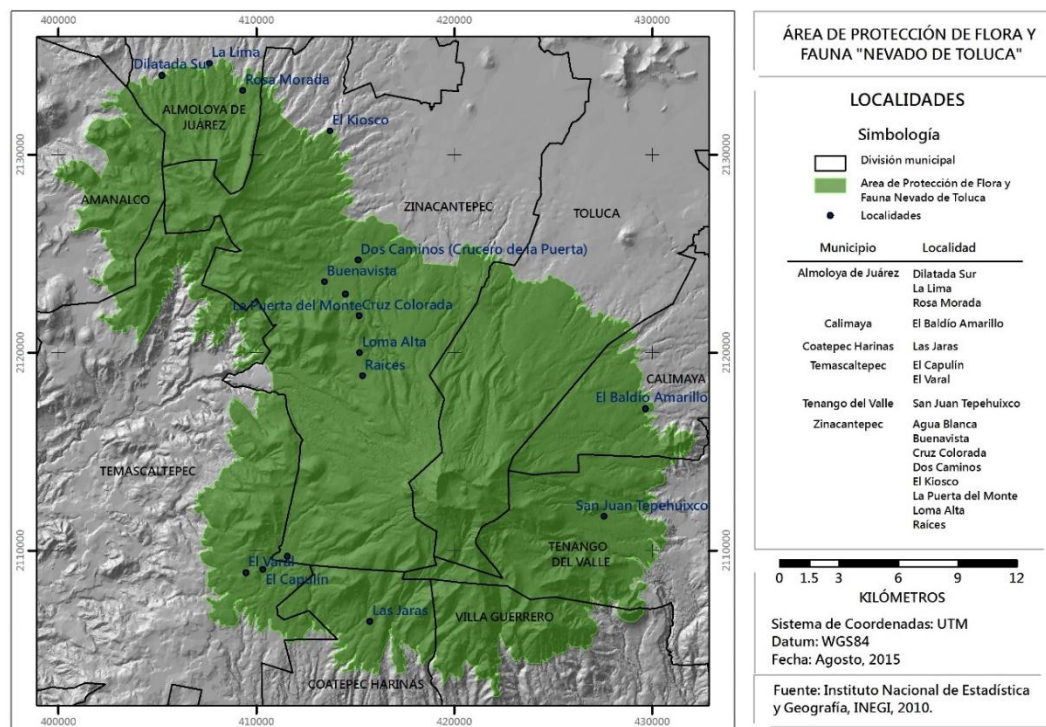
Los bosques de clima templado establecidos en el APFFNT por encima de los 3 000 msnm, se conforman por extensas poblaciones monoespecíficas de *Pinus hartwegii*, bosques mixtos de *P. pseudostrobus* y *Abies religiosa*, pequeños bosques aislados de *P. montezumae*, bosques mixtos y monoespecíficos de *Abies religiosa*, *Alnus jorullensis* y *Quercus laurina* (Endara, *et al.*, 2011). De acuerdo a lo anterior, la variedad de poblaciones conformadas por bosque es de cuatro tipos: Pino, Oyamel, Aile y Encino.

Asimismo, la variedad del sistema social se identifica por las 16 localidades dentro del APFFNT (Mapa 2), quienes extraen los recursos naturales como una forma de subsistencia. El recurso forestal es generador de ingresos ya que no solo es con fines de abastecimiento doméstico (material para construcción de viviendas y autoconsumo) (Endara, *et al.*, 2012) sino también con

finés comerciales, como lo documenta Anastacio (2015) en donde la extracción de perlilla es una de las principales actividades económicas para las familias.

Para el caso de los hongos algunas personas implementaron estrategias de almacenamiento para su consumo posterior por medio del secado natural (Franco y Burrola, 2010). Además es necesario contar con el conocimiento y experiencia para identificar aquellos que por su forma y sabor son susceptibles de ser utilizados como alimento. Por ejemplo, para la comunidad Dilatada Sur, la recolección de hongos representa una actividad económica, donde la organización entre los miembros de la familia es indispensable (Franco y Burrola, 2010).

Los bosques de Oyamel presentan condiciones favorables para el establecimiento de diferentes especies, entre estas, las denominadas recursos forestales no maderables, como: la perlilla, el musgo y los hongos silvestres (Franco y Burrola, 2010).



Mapa 2. Localidades asentadas dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

Otra actividad económica es la agropecuaria, el cultivo de cereales y tubérculos es una fuente importante de ingresos, la producción de forraje que durante las épocas invernales alimenta el ganado. Sin embargo, la variabilidad en el clima y el incremento de eventos extremos están incidiendo sobre la producción agrícola, debido a que los agricultores año con año están modificando su calendario agrícola, además, el desarrollo de plagas resistentes a los agroquímicos, genera elevados costos. La variedad de bosques presentes en el APFFNT permite a las comunidades del mismo a obtener los medios de subsistencia familiar.

Balance del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

El balance para bosques de pino es el menor de todos, a pesar de conformar tres tipos de asociaciones (pino-encino, pino-aile y pino-oyamel), tiende a conformar poblaciones monoespecíficas, siendo su densidad de 336 árboles por ha, seguido por los bosques de Aile (*Alnus jorullensis*), que también presenta tres tipos de asociaciones (aile-pino, aile-oyamel y aile-encino), y como especie pionera, se establece en zonas perturbadas llegando a densidades de 572 árboles por ha. (Endara, *et al.*, 2011).

Después se encuentran los bosques de Oyamel (*Abies religiosa*), con dos asociaciones (oyamel-pino y oyamel-aile) estableciéndose con *P. pseudostrobus*, presenta gran diversidad de especies en sotobosque y tiene una densidad de 637 árboles por ha. Finalmente, los bosques de encino, (*Quercus laurina*) con dos asociaciones (encino-pino y encino-aile), tienen un balance mayor que los bosques mencionados, ya que se establece con *Pinus ayacahuite* (14 por ha), y *Cupressus sp.* (6 por ha), llegando a densidades de 758 árboles por ha (Endara, *et al.*, 2011).

Disparidad del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

La disparidad entre las especies forestales del APFFNT, (Pino, Oyamel, Aile y Encino) radica en las estrategias de crecimiento, establecimiento y adaptación; por ejemplo: el *P. hartwegii*, es una especie adaptada a condiciones de frío y se puede establecer a alturas superiores a los 4000 msnm (Wilhem, 1978; Eguiluz, 1978; Campos 1993), conformando el límite superior altitudinal del APFFNT. El bosque de oyamel (*Abies religiosa*) se establece entre los 3000 y 3400 msnm, el aile (*Alnus jorullensis*) entre los 3000 y 3200 msnm, y el bosque de encino (*Quercus laurina*) entre los 3000-3100 msnm (Endara, *et al.*, 2011) conformando así los bosques a lo largo del gradiente altitudinal.

Otra diferencia en la estrategia de establecimiento es, por ejemplo: cuando los bosques de aile se desarrollan en zonas donde los pinares y encinares fueron perturbados o en áreas de cultivo abandonadas (Rzedowski, 2005), por lo tanto, al ser especie pionera e invasora, los bosques de aile podrán incrementar su superficie. Esta especie es capaz de nitrificar el suelo, sin embargo, en las áreas de bosque de aile, realizan la producción de papa (cultivo que desnitrifica el suelo), por lo que el suelo es propicio para el establecimiento de pinares o encinares.

La disparidad de la interacción entre las comunidades y el ecosistema radica en el uso del recurso forestal. Por ejemplo, en el bosque de oyamel (*Abies religiosa*), se extraen grandes volúmenes de leña, debido a los múltiples usos, lo que podría disminuir las densidades de sus poblaciones, así como en el bosque de pino (*Pinus hartwegii*), donde se utiliza la madera con fines comerciales (Endara, *et al.*, 2012). La leña utilizada por las comunidades para autoconsumo no representa una amenaza para el recurso forestal; sin embargo, el comercio de madera (mueblería, carbón, construcción, postes, etc.) podría reducir la superficie forestal (Endara, *et al.*, 2012).

RETROALIMENTACIÓN Y VARIABLE LENTA

En este apartado se analiza la variable lenta, es decir, la tenencia de la tierra y la variable rápida, que en este caso es el cambio de uso del suelo, que contribuyen a la configuración del Sistema socio-ecológico del APFFNT.

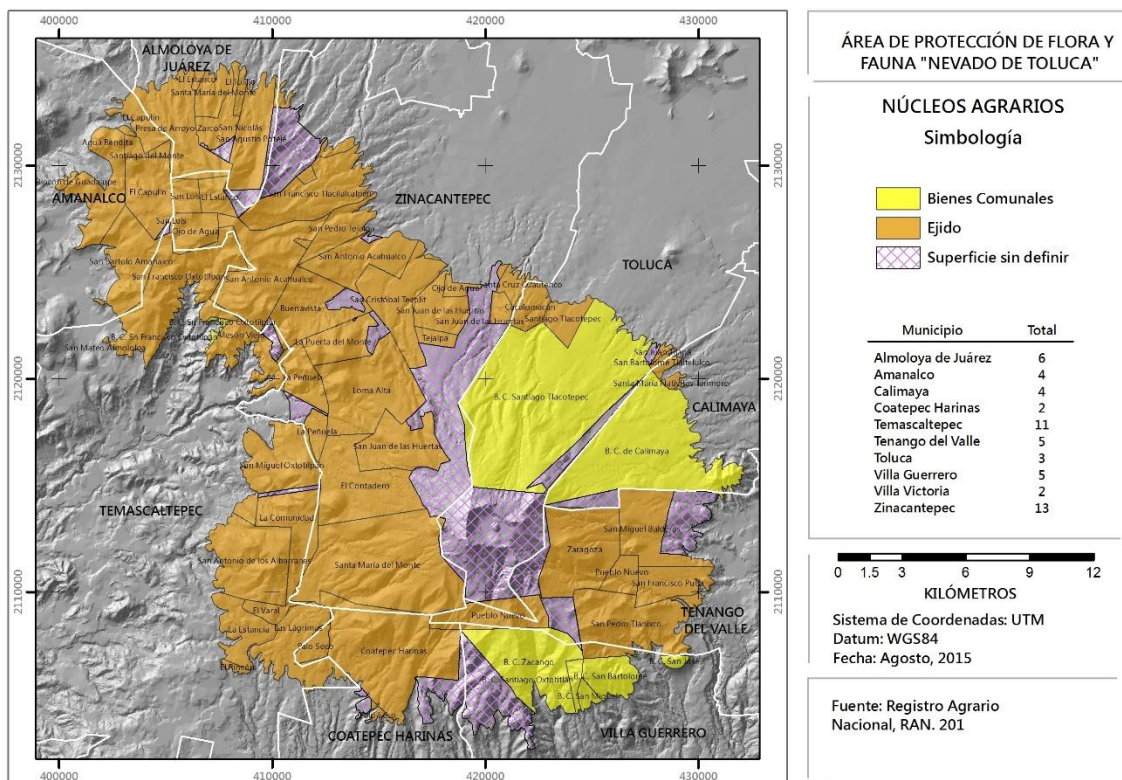
La tenencia de la tierra como variable lenta

El Sistema socio-ecológico del APFFNT presenta en sus antecedentes históricos modificaciones en la forma de gestionar la tenencia de tierra. Las condiciones legales y políticas de la propiedad de la tierra, se considera una variable lenta, debido a la transición paulatina que desde el año 1539, después de la conquista española, el territorio en torno al Nevado de Toluca pasaron a formar parte de la dotación de tierras (a manera de encomienda), constituyeron de esta manera las haciendas, que posteriormente con la Ley agraria (1915), se realizaron las reformas que marcaron el inicio de la cesión de terrenos con las cuales se establecieron los núcleos agrarios: ejidal y comunal (Anastacio, *et al.*, 2014).

El APFFNT comprende una superficie de 53,590 hectáreas que conforman el Área Natural Protegida, 45,101 hectáreas corresponden a propiedad social (ejidal y comunal). En el mapa 2, se

observan los núcleos agrarios dentro del APFFNT. Los bienes comunales y los ejidos representan aproximadamente el 18% y 67% del total de la superficie del ANP respectivamente, el porcentaje restante corresponde a superficie sin definir y a la zona núcleo (SEDATU, 2011). Los municipios de Toluca, Calimaya y Villa Guerrero son los únicos que cuentan con bienes comunales.

La tenencia de la tierra se considera una variable lenta debido a que presenta un cambio gradual en comparación con la variable rápida (cambio de uso de suelo). Esta variable lenta puede afectar los servicios ecosistémicos a través de cambios graduales que determinan la estructura del SSE. Por ejemplo, la tenencia de la tierra cambiará a propiedad privada y las políticas públicas modificarán el estatus de conservación del ANP, lo que provocaría que el sistema se desplazara a otra configuración, es decir, se realizaría el cambio de uso de suelo, ya sea comercial, habitacional o zonas ecoturísticas, que tendrían un impacto en los servicios ecosistémicos, deterioro ambiental y pérdida de germoplasma al disminuir la cobertura forestal.



Mapa 3. Núcleos agrarios del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (SEDATU, 2011).

La retroalimentación acontece cuando existe un cambio en una variable en particular del SSE. La retroalimentación se considera de dos tipos: positiva (cambios del mismo tipo) y negativa (si los efectos son sofocados en similares cambios) (Biggs *et al.* 2015). En el APFFNT la retroalimentación positiva se realiza en la extracción ilegal de especies maderables para fines comerciales, proceso que disminuyen la cobertura vegetal, ocasionan la reducción de los caudales de agua y la fertilidad del suelo; además facilitan las inundaciones (Acuña, 2006), sin embargo, la retroalimentación negativa, integrada por cuestiones de política ambiental que evita este tipo de extracciones a través de sanciones económicas, permite que el sistema mantenga su configuración actual, sin embargo, la falta de vigilancia provoca que exista tala clandestina que con lleva a la pérdida del bosque.

Cambio de uso del suelo como variable rápida.

Los cambios generados en los usos del suelo están determinados por las decisiones en el sistema social (político y económico), que afectan directamente la dinámica del SSE APFFNT generando conflictos y desigualdades sociales en el uso y gestión de servicios ambientales. La tenencia de la tierra (ejidal y comunal) y la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna (zona de amortiguamiento) permite el cambio de uso de suelo de forestal a pastizal, agrícola y pecuario, por lo que se considera una variable rápida ya que como se mencionó en el apartado anterior, al entrar en vigor la Reforma Agraria, las haciendas fueron fragmentadas, dando origen a los ejidos y a las tierras comunales, por lo tanto, la tenencia de la tierra permitió los cambios de uso del suelo.

Por ejemplo: La Peñuela (localidad dentro del ANP), en sus inicios era una ranchería y los habitantes se dedicaban al pastoreo extensivo de ganado bovino, posteriormente se enfocaron a las actividades agrícolas de cultivos comerciales de riego, principalmente papa y flores de ornato. Además, el uso de los recursos naturales como parte de sus ingresos familiares (Anastacio, *et al.*, 2014).

A través del tiempo, la configuración del APFFNT fue modificando la estructura del sistema socio-ecológico, de acuerdo al análisis comparativo de la densidad de la cobertura forestal y el cambio de uso del suelo para los años 1972 y 2000. Se observó la disminución de la cobertura forestal en los bosques de pino, latifoliadas (encino y aile) u oyamel, debido a la extracción intensiva con fines comerciales. Esta pérdida de zonas forestales densas, así como la disminución de áreas agrícolas ha permitido el incremento de otros usos (pastizales y matorrales) y áreas con

menor densidad (Franco, *et al.*, 2006). De acuerdo al estudio realizado por Cruz, *et al.* (2012) indicaron que el cambio de uso de suelo de bosque a cultivo disminuye la biomasa microbiana, transformando el SSE.

La configuración del SSE se desplaza por el cambio de uso de suelo ejemplo de esta modificación se observó en el parque ecológico Ejidal de Cacalomacán que se encuentra ubicado dentro del APFFNT. A principios del siglo XX se generó el cambio de uso de suelo de forestal a agropecuario; posteriormente, en los 80, se realizó la reforestación con especies de pino, eucalipto y ciprés, dando como consecuencia un bosque secundario de coníferas, sin embargo, aún se mantiene la agricultura de temporal (cultivos de avena, haba y papa) (Sánchez-Jasso, 2012).

CONCLUSIONES

El análisis del sistema socio-ecológico APFFNT debe ser integrador, es decir, estudiar sus componentes como un todo, considerando las interacciones entre los componentes, e identificando aquellos mecanismos o procesos que controlan al sistema.

La estructura de conexión entre la parte social y ecológica es de tipo azarosa. En la interacción intervienen diferentes actores sociales, los cuales cada uno influye en la resiliencia del SSE. Las comunidades que se localizan cercanas entre sí se considera que presenta una fuerte conectividad entre ellas, aunque falta realizar investigaciones al respecto para identificar qué tipo de interacciones existen entre estas comunidades.

La población que habita en el interior del APFFNT, se beneficia de los servicios ecosistémicos, entre los usos se encuentran: material para construcción, combustible, alimenticio, ornamental, medicinal, entre otros. El sotobosque es utilizado para el pastoreo extensivo de ganado ovino y bovino, sin embargo, estas actividades modifican la configuración del SSE, aunque los umbrales no han sido excedidos debido a la retroalimentación negativa coadyuva a que el sistema se mantenga como una área conservada.

En el APFFNT la retroalimentación positiva se identificó como la extracción ilegal de especies maderables para fines comerciales, proceso que disminuyen la cobertura vegetal, ocasionando la reducción de los caudales de agua y la fertilidad del suelo; además facilitan las inundaciones, sin embargo, la retroalimentación negativa, integrada por cuestiones de política ambiental que evita este tipo de extracciones a través de sanciones económicas, permite que el sistema mantenga su configuración actual, sin embargo, la falta de vigilancia podría provocar que exista mayor demanda de especies maderables que con lleve a la pérdida del bosque.

La tenencia de la tierra es considerada como una variable lenta, debido a que presenta un cambio gradual pero significativo, y a que la configuración del sistema se modifica dependiendo del estatus social que influya en la regeneración del ecosistema.

A pesar de que se han realizado varios trabajos de investigación con referencia al APFFNT, existen vacíos de información que limitan el entendimiento de los factores de mayor influencia tanto del ecosistema forestal como de las poblaciones que dependen e interactúan con este sistema.

REFERENCIAS

Abasolo, V., (2006). Entre el cielo y la tierra: raíces, un pueblo de la alta montaña en el Estado de México. Tesis (Doctorado en Antropología Social). Universidad Iberoamericana.

Acuña, O. (2006). El aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Un reto en el ámbito internacional. *Ra Ximhai*, 2(3), pp. 877-885.

Anastacio, N., Nava, G., y Franco, S. (2014). El desarrollo agropecuario de los pueblos de alta montaña. La Peñuela, Estado de México. *Economía, Sociedad y Territorio*. 14(45), pp. 397-418.

---, Valtierra, E., Nava, G. y Franco, S. (2015). Extracción de perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.) en el Nevado de Toluca. *Madera y bosques*. 21(2), pp. 103-115.

Berdichewsky, B. (2002). *Antropología Social: Introducción. Una visión global de la humanidad*. Santiago, Chile.

Berkes, F. y Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En Berkes, F. y Folke, C. (Eds.). (1998). *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido, pp. 1-26.

Biggs R., Gordon, L., Raudsepp, C., Schlüter, M. y Walker, B. (2015). Principle 3 – Manage slow variables and feedbacks. En Biggs R., Schulüter, M., y Schonn, M. (eds.). *Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. Reino Unido, p. 311.

---, Schulüter, M., and Schonn, M. (eds.). (2015). *Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Reino Unido.

Campos, J. (1993). *Claves para la determinación de los pinos mexicanos*, Dirección de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo.

CONANP, (2013). Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Área Natural Protegida del Parque Nacional Nevado de Toluca (en línea). Estado de México, México. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/EPJ-%20Nevado%20de%20Toluca%20Enero%202013.pdf> (Acceso 5 febrero 2016)

Cruz, A., Cruz E., Aguilera, L. I., Norman H. T., Franco, S., Nava, G., Dendooven L., y Reyes, B. G. (2012). La biomasa microbiana en suelos de montaña con diferentes usos: un estudio de laboratorio. *Terra Latinoamericana*. 30(3), pp. 221-228.

Eguiluz, P. T., (1978). Ensayo de la Integración de Conocimientos sobre el Género *Pinus* en México. Tesis (Licenciatura), División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.

Endara, A., Franco S., Nava B. y Valdez H. (2011). Estructura y Regeneración en Bosques Tropicales de Alta Montaña: El Caso del Parque Nacional Nevado de Toluca. En: Endara A. A. R., Mora S. A. y Valdez H. J. I. (Eds.) (2011). *Bosques y Árboles del Trópico Mexicano: Estructura, Crecimiento y Usos*. Prometeo. Jalisco, México. pp. 2-19.

---, Nava, G., Franco, S., Espinoza, A., Ordóñez, J. y Mallén, C. (2012). Extracción de madera en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(11), pp. 81-90.

Franco, S. y Burrola, C. (compiladores). (2010). *Los hongos comestibles del Nevado de Toluca*. Universidad Autónoma del Estado de México. Estado de México.

---, Regil, H., González, C. y Nava, G. (2006). Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. *Investigaciones Geográficas*. 61, pp. 38-57.

Gallardo, J. F. L. (2002). Reciclaje de Nutrientes en Ecosistemas: Aplicaciones Agronómicas. En *Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SecSuelo)*. Conferencia llevada a cabo en el VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito.

Imbert, B., Blanco, J., Castillo, F. (2004). Gestión Forestal y Ciclos de Nutrientes en el Marco del Cambio Global. En Valladares, Fernando (Ed.) *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. [En línea]. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF. Madrid, España. Disponible en: http://www.adaptecca.es/sites/default/files/documentos/cap17_-_gestion_forestal_y_ciclos_de_nutrientes_en_el_marco_del_cambio_global.pdf [Acceso 15 enero 2016].

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. GTZ. Eschborn, Alemania.

LGEEPA, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (2016). Sección II, Artículo 46, fracciones I a VIII. Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, Distrito Federal, México.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. [Online]. Island Press. Washington, DC. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> [Acceso 11 de diciembre del 2015].

Mcginnis, M., and Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society* 19(2), p. 30.

Pretzsch, H. (2009). Forest Dynamics, Growth and Yield from measurement to model.

Freising, Alemania. Rands, M. R. W., Adams, W. M., Bennun, L., Butchart, S. H. M., Clements, A., Coomes, D., Entwistle, A., Hodge, I., Kapos, V., Scharlemann, J. P. W., Sutherland, W. y Vira, B. (2010). Biodiversity Conservation: Challenges Beyond 2010. *Science*. 239, pp. 1298-1303.

Resilience Alliance. (2010). Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners. [Online] Disponible en: http://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessmentV2_2.pdf [Acceded 11 diciembre 2015].

Rzedowski, Jerzy. (2005). Vegetación de México. Edición digital. Limusa. México.

Sánchez, J. (2012). Estrategia para la conservación del Parque Ecológico Ejidal de Cacalomacán. Parque Nacional Nevado de Toluca. Tesis (Maestría, Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales). Universidad Autónoma del Estado de México.

Sánchez, Pedro A. y Palm, Cheryl A. (1996). Reciclaje de nutrientes y agrosilvicultura en África. *Unasylva* [en línea] Ed. 2 vol. 47 No. 185. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w0312s/w0312s06.htm> [Acceso 10 enero 2016].

SEDATU. (2011). Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. PHIMA V3.0.

Padrón e Historial de Núcleos Agrarios [en línea]. Disponible en: <http://phina.ran.gob.mx/phina2/> [Acceso 25 febrero 2016].

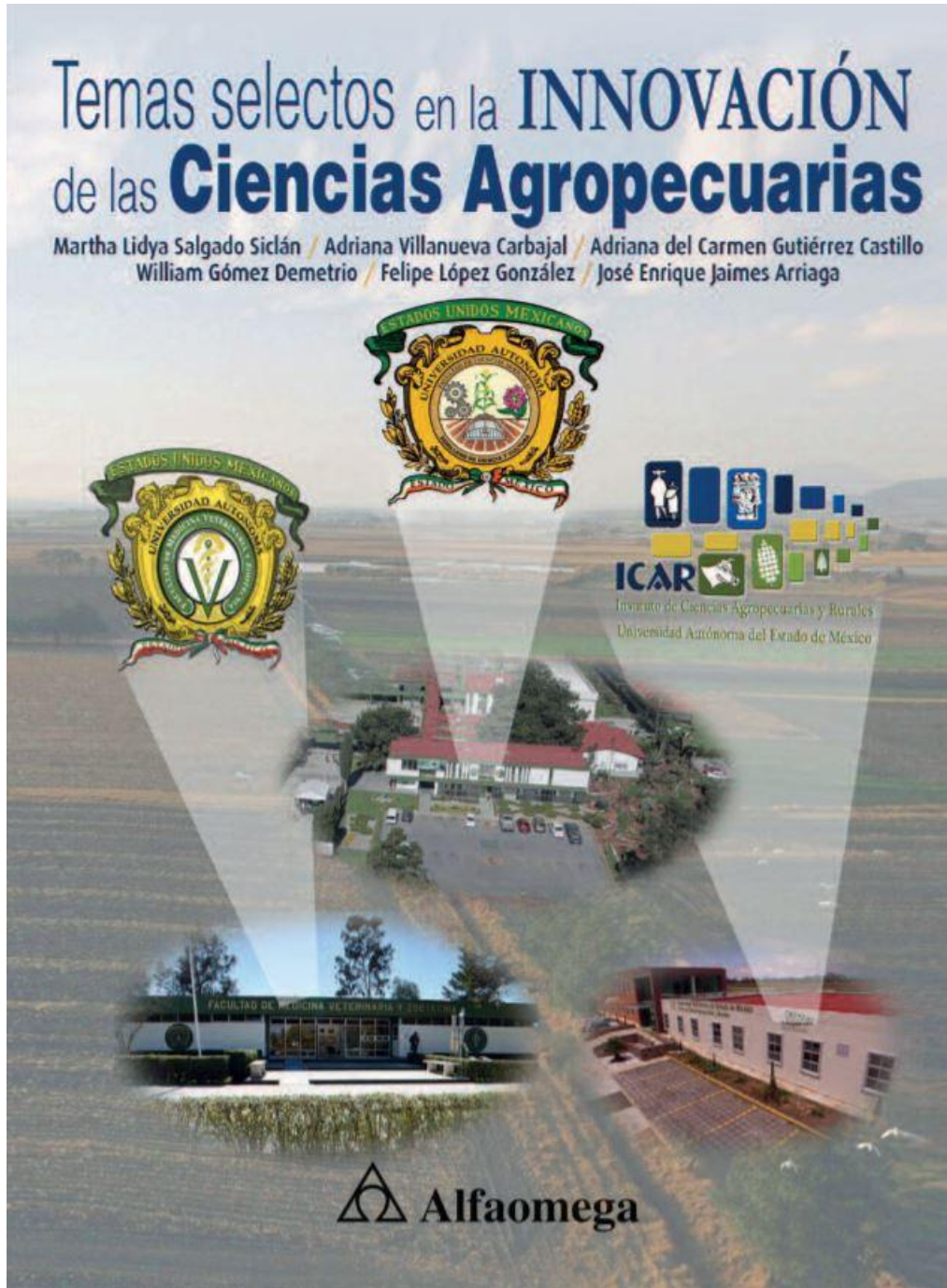
SEMARNAT y CONANP (2016). Áreas Naturales Decretadas. Disponible en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/ [Acceso 23 marzo 2016].

Stirling, A. (2007). A general framework for analyzing diversity in science, technology and society. *Journal of the Royal Society Interface*. 4(15), pp. 707-719.

Toscana, A. y Granados R. (2015). Recategorización del Parque Nacional Nevado de Toluca. *Política y Cultura* (44), pp. 79-105.

Wilhelm, Lauer. 1978. Timberline Studies in Central Mexico. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 10(2), pp. 383-396.

4.3 *Capítulo de libro “La percepción del clima y su relación con la agricultura”*



Temas selectos en la innovación de las Ciencias Agropecuarias / Martha Lidya Salgado Siclán, Adriana Villanueva Carbajal, Adriana del Carmen Gutiérrez Castillo, William Gómez Demetrio, Felipe López González, José Enrique Jaimes Arriaga – Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor: Ciudad de México: Universidad del Estado de México, 2019.

ISBN: 9786075384115

736 :il.: 17 x 23 cm

1. Agricultura 2. Desarrollo rural I. Salgado Siclán, Martha Lidya II. Villanueva Carbajal, Adriana III. Gutiérrez Castillo, Adriana del Carmen IV. Gómez Demetrio, William V. López González, Felipe VI. Jaime Arriaga, José Enrique.

LC: S165 E87 Dewey: 338.10972021 E87

Primera edición, Enero 2019

DR © Universidad Autónoma del Estado de México

Av. Instituto Literario 100 Oriente, Colonia Centro,

Código Postal 50000, Toluca de Lerdo

Estado de México

<http://www.uaemex.mx>

Diseño y cuidado editorial:

Alfaomega Grupo Editor S. A. de C.V.

Dr. Isidoro Olvera (Eje 2 sur) No. 74,

Col. Doctores, 06720

Alcaldía Cuauhtémoc

Ciudad de México

www.alfaomega.com.mx

Contacto:

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio sin el consentimiento de los titulares de los derechos

ISBN: 978-607-538-4311-5

Impreso en México, *printed in Mexico*

El contenido y la originalidad de esta obra es responsabilidad exclusiva de los autores, las opiniones expresadas en el mismo no representan ni reflejan necesariamente la de la editorial.

Esta obra fue recibida por el Comité Interno de Selección de Obras de Alfaomega Grupo Editor, para su valoración en la sesión del segundo semestre de 2018, se sometió al sistema de dictaminación “doble ciego” por especialistas en la materia, el resultado de ambos dictámenes fueron positivos.

TABLA DE CONTENIDO

Prefacio.....	XI
Capítulo 1	
FCAgr.....	1
Caracterización preliminar de los proyectos de inversión (económicos) agropecuarios desde los ámbitos público y Privado para el desarrollo social.....	4
Alternativas biológicas nativas para el control de plagas en Tomate de cáscara y nopal en el valle de Toluca.....	31
Análisis espacial del biocontrol de trps (Insecta: Thysanoptera) mediante el uso del depredador <i>Amblyseius swirskii</i> en el cultivo de aguacate en México.....	47
Programas para SAS e INFOSTAT Para analizar una serie de Experimentos en parcelas subdivididas.....	67
Índices de mecanización agrícola en los municipios de Toluca de Lerdo y Metepec, Estado de México.....	89
Efecto de abonos orgánicos e inorgánicos en haba.....	111
Inocuidad de los productos agropecuarios.....	131
Nombres científicos de plantas cultivadas.....	159
Contenido de antioxidantes en cinco frutales silvestres, mediante tres metodologías.....	169
Orthospovirus, visión actual y grandes desafíos.....	191
Capítulo 2	
FMVZ.....	223
Rendimiento, composición química y producción de gas <i>in vitro</i> de 13 variedades de maíz híbrido en fresco y henificado.....	225

Rendimiento de forraje, composición química y producción De gas in vitro de cuatro variedades de maíz híbrido fresco y henificado.....	243
La brucelosis un problema de salud pública importante.....	257
Enfermedades emergentes en producción ovina en México.....	281
Avances y perspectivas de la utilización de ensilados de Excretas pecuarias y subproductos ricos en carbohidratos Solubles en la alimentación de rumiantes.....	297
Nutrición mineral de bovinos productores de carne en Pastoreo en México.....	315
Estado mineral del ganado bovino productor de leche en pastoreo.....	333
La agricultura familiar y la cunicultura en México.....	355
Especias utilizadas en la dieta de animales de producción Para mejorar indicadores productivos y mantener la calidad de la carne.....	365
Contenido nutricional y digestibilidad de nutrientes de granos De destilería desecados con solubles en la alimentación de los cerdos.....	377
Alteraciones patológicas y trastornos que producen la Aflatoxinas en los animales domésticos.....	389
Bioactivos en la salud, biotecnología y seguridad alimentaria.....	409
Mecanismos de defensa e inmunidad de la glándula Mamaria de la vaca lechera.....	423
Caracterización de los ecotipos de <i>staphylococcus aureus</i> en hatos lecheros de producción familiar en el valle de Toluca, México.....	455
Uso de antibióticos en animales de granja y compañía.....	493

Evaluación de la producción de slime y formación de biofilm de <i>staphylococcus aureus</i> aislados en vacas lecheras en el valle de Toluca.....	517
Capítulo 3	
ICAR.....	533
Tenencia de la tierra y conservación de la biodiversidad. Los huertos familiares de San Andrés Nicolás Bravo, Estado de México.....	535
Análisis de las prácticas solidarias entre pequeños Productores agrícolas del sur del Estado de México.....	559
Una aproximación al estudio de mercado y tianguis desde un enfoque agroalimentario.....	581
La percepción del clima y su relación con la agricultura.....	601
La agrobiodiversidad del cultivo de maíz en el Estado de México: de un contexto global a uno local.....	617
Biodiversidad y autosuficiencia alimentaria En un pueblo nahua de la huasteca Hidalguense.....	637
Evaluación del ciclo de vida de sistemas de producción De maíz nativo de diferentes manejos.....	659
La política alimentaria y la erradicación del hambre: la cruzada nacional contra el hambre.....	671
Importancia de la agroindustria rural en el sur del Estado De México. Aportes para políticas públicas en la región.....	699

La percepción del clima y su relación con la agricultura

RESUMEN

Las actividades agrícolas son susceptibles a las variaciones climáticas y al cambio climático global, en investigaciones recientes se observó que los agricultores realizan diversas modificaciones en sus prácticas agrícolas para enfrentar los efectos previstos. Por ello, es importante identificar la percepción social de dichos riesgos (variabilidad o eventos extremos) a partir del estudio de caso local en el Ejido de San Francisco Putla, para caracterizar la agricultura de temporal e identificar la percepción que influyen en la forma de enfrentar las variables climáticas de precipitación y temperatura. De esta forma el estudio de las percepciones del clima constituye un factor fundamental para entender las formas de adaptación y cambio a nivel de las prácticas productivas. Los cambios en las variables de temperatura y precipitación se observaron en la gráfica y corresponden a las observaciones de los ejidatarios. De acuerdo a la caracterización, los ejidatarios son pequeños agricultores que cultivan catorce especies diferentes, ellos atribuyen que el aumento de temperatura generó la diversificación de plantas, un aspecto positivo para la comunidad. El calendario agrícola nos permitió identificar las labores agrícolas de los cuatro cultivos principales, así como los meses que se presenta el periodo de lluvia, frío y calor que los agricultores establecieron para comprender el clima. El calendario muestra que la festividad más representativa es el día 2 de febrero porque a partir de esa fecha inicia la producción agrícola. Las estrategias de adaptación implementadas por los agricultores del Ejido de San Francisco Putla son: diversificación de cultivos, ajustes al calendario agrícola y gestión del sistema de riego, sin embargo, falta realizar otro tipo de acciones como: manejo y conservación de suelo, rotación de cultivos e implementar el riego tecnificado.

Palabras claves: adaptación, agricultura de temporal, calendario agrícola, cultivos, pequeños productores, riego.

INTRODUCCIÓN

El sistema agrícola es vulnerable al cambio y la variabilidad climática debido a la estrecha relación de los elementos del clima, particularmente con las variables de temperatura y precipitación (Tao *et al.* 2011). El cambio en los regímenes de temperaturas y lluvias afectan en el desarrollo de varios procesos fisiológicos de las plantas, que pueden aumentar o disminuir la producción de los cultivos (Hatfield y Prueger, 2015). Los impactos negativos de este cambio se observan en el rendimiento de los cultivos, como el trigo y el maíz que son la base de la alimentación en muchas regiones del planeta (IPCC, 2014).

El cambio climático incrementa la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos, temperaturas extremas, precipitaciones irregulares e impredecibles, fuertes vientos, sequías prolongadas e inundaciones con consecuencias adversas para los sistemas naturales y humanos; la severidad de estos fenómenos dependerá no solamente de su naturaleza sino de la exposición y de la vulnerabilidad de la población (Cunningham *et al.*, 2007; IPCC, 2014).

En México el sistema agrícola se divide en tres sectores: la agricultura comercial altamente capitalizada, el pequeño productor orientado al mercado interno y la agricultura de subsistencia que produce para el consumo familiar y cuyo ingreso depende de actividades externas. En el país se calcula que estos sistemas constituyen un 15%, 35% y 50%, respectivamente, del total de los productores (SAGARPA y FAO, 2012). En el presente estudio se consideraron a los pequeños productores del Ejido de San Francisco Putla por considerar su producción al mercado interno.

La agricultura que practican los pequeños productores se caracterizan por un conocimiento de la actividad y su relación con los cambios climáticos (Belachew y Zuberi, 2015; Mardero *et al.*, 2015), por ejemplo, rotan sus cultivos (Krupinsky *et al.*, 2002), diversifican las especies cultivadas (Bellón *et al.*, 2009) y el trabajo asalariado que complementan sus ingresos (Ashraf y Routray, 2013; Belachew y Zuberi, 2015). Los productores aprovechan algunos recursos como los medios de comunicación (radio, tv e internet) para informarse sobre el pronóstico del tiempo y, en algunos casos, adquieren seguros para sus cultivos comerciales (Ziervogel *et al.*, 2006).

En México se han realizado trabajos de investigación, identificando estrategias de adaptación de las comunidades; en el sureste de Campeche y suroeste de Quintana Roo llevan a cabo el ajuste del calendario agrícola, utilizando diversas variedades de maíz, reduciendo las horas de trabajo por el calor extenuante; captando agua en contenedores y realizando la rotación de cultivos, además los ejidatarios tienen apoyo económico gubernamental en caso de eventos

climáticos extremos (Mardero *et al.*, 2015). Los agricultores en Ticuiz, Coahuayana, Michoacán, incrementaron el tamaño de su producción en nuevos espacios del bosque; donde utilizan nueva tecnología en riego, cuentan con créditos de bancos, programas gubernamentales y fondos externos como recursos financieros (Campos *et al.*, 2014).

Esta investigación se basa en la percepción ambiental, entendida como la conciencia y comprensión del medio ambiente por individuos y grupos (Whyte, 1985, citado por Sánchez-Cortés y Lazos, 2011), debido a que los impactos del cambio climático a nivel local sugieren que los pequeños agricultores identifican los efectos negativos y positivos del clima hacia sus actividades (Belachew y Zuberi, 2015). El involucrar a las comunidades, permite conocer las opiniones, testimonios, reflexiones y acciones que las personas están realizando en su entorno con la finalidad de adaptarse a las condiciones cambiantes (Sánchez, 2014).

Por lo anterior, se prevé que la variabilidad y el cambio climático tienen consecuencias importantes para los pequeños productores, por lo que, el objetivo del presente trabajo es identificar la percepción de los agricultores y las estrategias de adaptación ante la variabilidad climática en un sistema de producción de pequeña escala del centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo, con la finalidad de comprender la percepción de pequeños productores sobre los efectos de las variables temperatura y precipitación y los eventos climáticos extremos; para ello, se utilizó un estudio de caso del Ejido San Francisco Putla (19° 7' 24" N; 99° 38' 9" W; 2,747 m), localizado en el municipio de Tenango del Valle, del Estado de México (Figura 1). En esta localidad los pequeños agricultores que poseen derechos sobre las tierras de cultivo son nombrados ejidatarios y se organizan a través del Comisariado Ejidal.

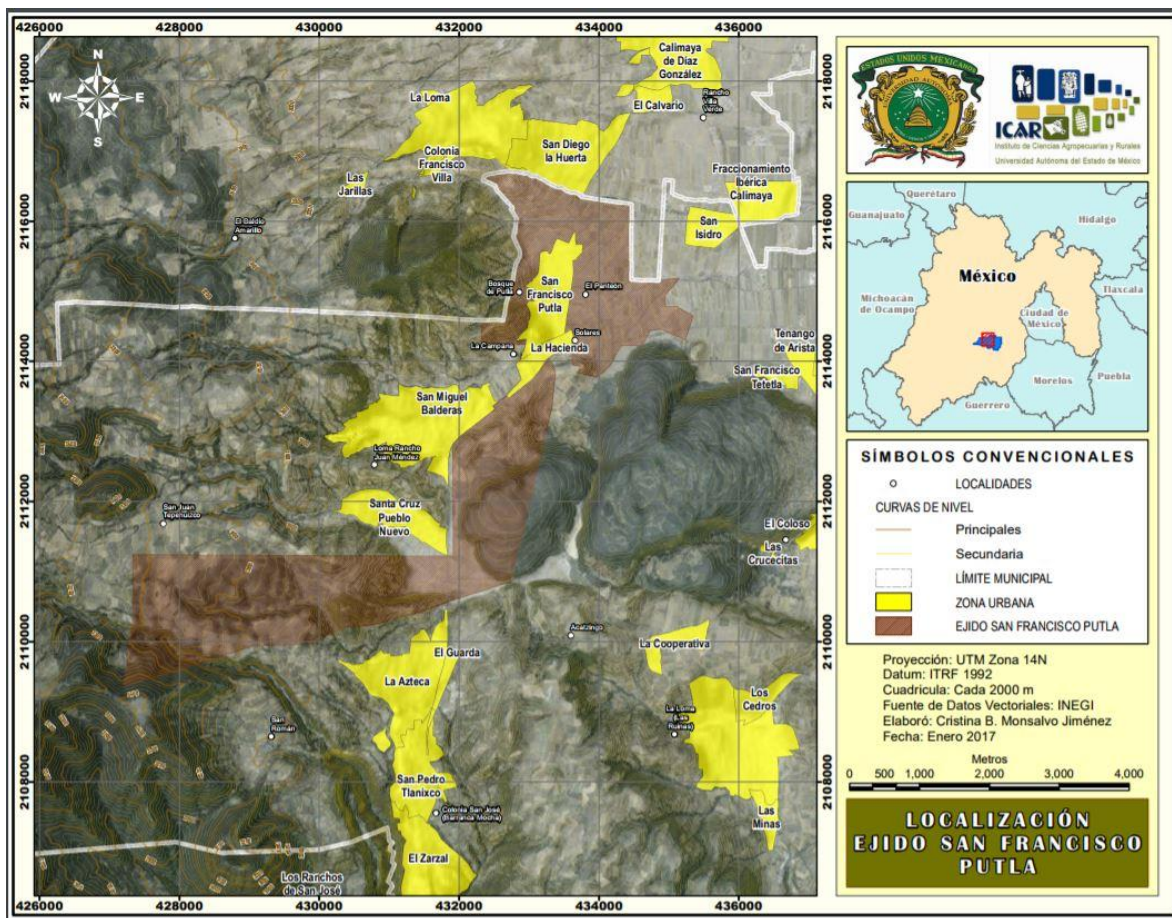


Figura 1. Mapa de localización del Ejido de San Francisco Putla, Tenango del Valle, Estado de México.

El Comisariado está integrado por un Presidente, un Secretario y un Tesorero, propietarios y sus respectivos suplentes. Además, cuentan con un Consejo de Vigilancia, que está formado por un Presidente, dos Secretarios, propietarios y sus respectivos suplentes. La superficie ejidal

comprende 1, 426.8 ha, de las cuales, la superficie parcelada es 871.8 ha, la superficie reservada para crecimiento es 40.4 ha y la superficie de uso común es 514.6 ha. Los beneficiarios son 450 ejidatarios, 1 avecindado y 50 posesionarios (PHINA, 2016).

El trabajo de gabinete consistió en recopilar información de los antecedentes de aspectos agrícolas y eventos meteorológicos en diversas zonas de estudio. Posteriormente se realizó trabajo de campo, utilizando la metodología participativa (Geilfus, 2002), la cual permitió conocer los criterios e ideas de los agricultores sobre sus actividades en la producción agrícola y los cambios que experimentaron con los elementos del clima.

Los recorridos de campo se llevaron a cabo de septiembre del 2016 a octubre del 2017, a través de un muestreo no probabilístico denominado intencional o de conveniencia, con las siguientes características: dirigidos a oriundos de la localidad, con nombramiento de ejidatarios de San Francisco Putla y que su actividad principal fuera la producción agrícola. Se llevaron a cabo entrevistas semi-estructuradas dirigidas a los ejidatarios e informantes clave (personas dispuestas a colaborar de forma voluntaria, con experiencia y conocimiento de al menos 20 años en actividades agrícola) (Sampieri, 2010).

En las entrevistas se contemplaron aspectos sociales: nombre y edad del ejidatario, ocupación principal, otro tipo de ingresos económicos, tiempo de residencia en el ejido, grado de escolaridad, número de integrantes de la familia; aspectos físicos: el tamaño de la unidad productiva, agricultura de temporal o riego, especies cultivadas por parcela. Se realizaron, además, algunas preguntas sobre percepción de la variabilidad climática como: ¿Ha cambiado el clima?, ¿En qué año identificó el cambio? ¿Cómo cambio la lluvia y la temperatura? ¿Aumentó, disminuyó, no ha cambiado o es variable? Los datos se ingresaron a una base de datos, donde las preguntas de percepción se codificaron para cuantificar y posteriormente realizar un análisis descriptivo.

Posteriormente se realizaron talleres participativos bajo el método propuesto por CONANP y GIZ (2014), los cuales se elaboraron desde una perspectiva constructivista, debido a que las actividades realizadas consideran los conocimientos previos de los participantes, que permite interacciones entre la comunidad y los investigadores, así como intercambio de opiniones y experiencias entre los involucrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del sistema

Los resultados del estudio muestran que el 90% de los entrevistados son propietarios y el 10% arrendatarios. El tamaño máximo de parcela para cosecha fue de 12 ha y la mínima 0.5 ha. La agricultura es la principal ocupación, en ocasiones trabajan en otras parcelas del mismo ejido, llevan a cabo actividades en la construcción, se dedican al comercio de abarrotes, así como cría de borregos y cerdos.

Los cultivos producidos a cielo abierto son: Maíz (*Zea mays*) de grano y verde (elote), Brócoli (*Brassica* sp.), Coliflor (*Brassica* sp.), Lechuga (*Lactuca* sp.), Col (*Brassica* sp.), Chícharo (*Pisum* sp.), Papa (*Solanum* sp.), Nopal (*Opuntia* sp.), Haba (*Vicia* sp.), Frijol (*Phaseolus* sp.), Nube (*Gypsophila* sp.), Alhelía (*Matthiola* sp.), Crisalia (*Aster* sp.) y Cempasúchil (*Tagetes* sp.). El 73% de los entrevistados cultivan maíz (elote), alhelía, lechuga y chícharo (Figura 2). El 89% cultivan en condiciones de temporal y el 11% de riego por rodada. La producción es comercial, emplea agroquímicos, no cuentan con infraestructura por lo tanto utilizan mano de obra (peones).



Figura 2. Los principales cultivos en San Francisco Putla, (A) Chicharo, (B) Elote, (C) Alhelía y (D) Lechuga.

En el Ejido de San Francisco Putla se identificaron tres labores culturales principales: preparación del terreno (barbecho, fertilización, surcado y siembra), labores de mantenimiento (abonado, fertilizante, fumigación y deshierbe) y cosecha (corte, empaquetado e incorporación de los residuos al suelo). En las prácticas agrícolas participan el ejidatario dueño de la parcela, en ocasiones los hijos, además contratan peones en caso de requerirlo, sobre todo durante la cosecha.

De acuerdo con el nivel de producción, el sistema agrícola que se practica es pequeño productor, orientado al mercado local (Toluca y la Ciudad de México). En el estudio se realizaron 75 entrevistas semi-estructuradas a ejidatarios del género masculino; respecto al nivel educacional, el 77% estudió la primaria, pero sólo cursaron los primeros años, 11% la secundaria, 9% la preparatoria y el 3% no tuvo ningún estudio. El 7% de los entrevistados eran jóvenes entre 24 a 40 años; el 76 % son ejidatarios entre 41 a 60 años y el 17% son mayores de 60 años.

Datos climáticos de temperatura y precipitación

Los datos de precipitación y temperatura se obtuvieron del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la base de datos correspondiente a la estación San Francisco Putla No. 15240, del periodo 1980 al 2014, se observaron temperaturas máximas diarias de 29° C, las temperaturas mínimas diarias de -2° C, las temperaturas mínimas producen efectos adversos en los cultivos que limitan el desarrollo de los mismos (Hatfield y Prueger, 2015). La temperatura máxima se presenta en el mes de mayo, en la década de 1980 se registró 24° C, en el 2000 se obtuvo 26° C, lo cual sugiere un aumento de 2° C. En el mes de mayo se cultiva lechuga y maíz. La precipitación para el año 2000 (Figura 3), se presentó en el periodo de mayo a noviembre, el valor más alto de precipitación se registró en julio con 187.5 mm, el valor mínimo se presentó en el mes de diciembre (4.5 mm).

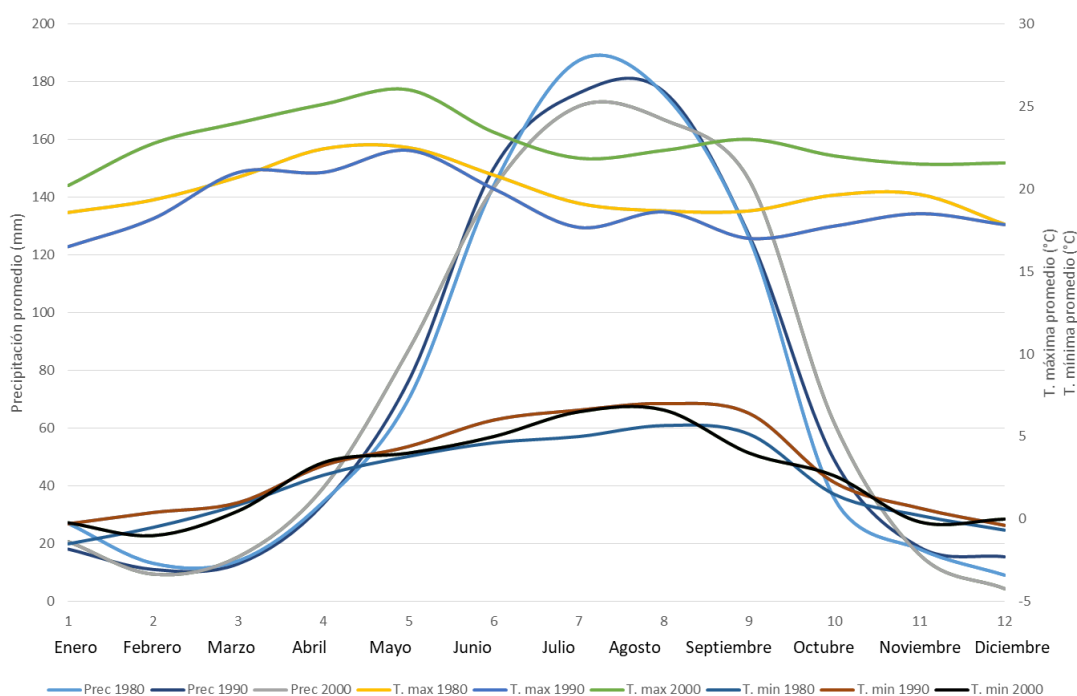


Figura 3. Precipitación, temperatura máxima y mínima por décadas (1980, 1990 y 2000).

Percepción de los pequeños agricultores, temperatura, lluvia y eventos extremos.

De acuerdo a las entrevistas, el 98% de los pequeños productores percibieron cambios en el clima entre los años 1950 y 1960, observaban que *“Las heladas eran muy fuertes, las tuberías se congelaban”*; indicaron, además, que en 1980 y otros en el 2000 hubo incremento de la temperatura *“mucho calor”*. Respecto a la precipitación indicaron que *“es variable, no se sabe cuándo lloverá, puede llover tres días seguidos y cinco días sin llover”*. Los resultados coinciden con lo reportando por Mardero *et al.*, (2015), Campos *et al.*, (2014) y Li *et al.*, (2013) por lo cual se sugiere que el cambio en el clima lo perciben los agricultores debido a que sus labores agrícolas dependen del sistema climático (IPCC, 2014).

En la Figura 4, se ilustra el calendario agrícola del año 2016, solo se representan los cuatro cultivos más importantes para los ejidatarios que son: Chicharo, Lechuga, Maíz (elote) y flor de Alhelía. El cultivo de chicharo se siembra en el mes de enero para aprovechar la humedad del suelo, el Sr. Eulalio comenta *“El chicharo no necesita mucha agua, solo requiere suficiente humedad”*. Algunos ejidatarios prefieren sembrar después del 2 de febrero, día en el cual bendicen las semillas para ello preparan una canasta con algunas especies como Maíz y Chicharo.

La aplicación de agroquímicos como los herbicidas, insecticidas, plaguicidas y fertilizantes se realiza en los días y los meses cuando las lluvias se presentan *“para que hagan efecto”* por ejemplo, en el caso del cultivo de lechuga que se establece en el periodo de lluvias. La flor de Alhelía se desarrolla en tres meses y medio, los agricultores establecen la fecha de siembra dependiendo del comportamiento de la lluvia para calcular que la flor esté lista para el corte los días 29, 30 y 31 de octubre para venderla antes del día de muertos.

En el calendario se observa como en cada parcela se destina un periodo de tiempo para descansar la tierra, ya que no se cultiva ninguna planta. El tiempo varía dependiendo de los cultivos que se sembraron, por ejemplo, en la parcela 1 se descansan tres meses y en la parcela 2 son cuatro meses.

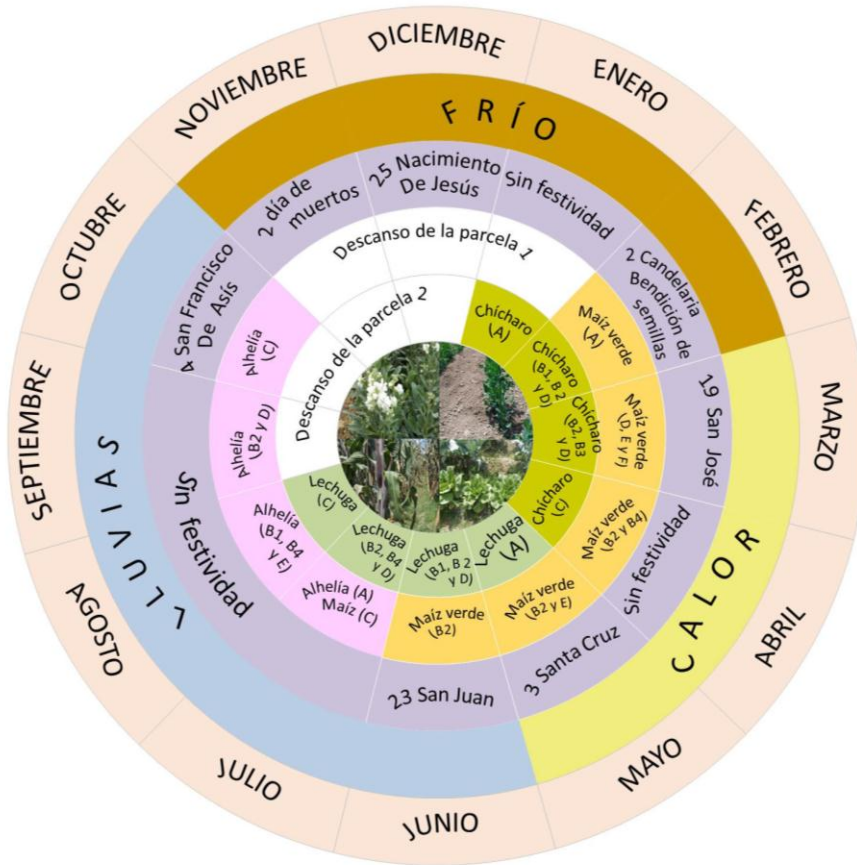


Figura 4. Calendario agrícola del año 2016 en dos diferentes parcelas del Ejido de San Francisco Putla. Descripción de las actividades agrícolas (A: barbecho, abono, surcado y siembra; B1: aplicación de herbicida; B2: aplicación de plaguicida; B3: aplicación de insecticida; B4: aplicación de fertilizante; C: cosecha; D: deshierbe, E: escarda; F: deshijar).

Respecto a los cultivos, el Sr. Carlos (86 años) mencionó “*Mi abuelo y mi padre sembraban trigo, maíz, frijol y haba*” actualmente (2016) las plantas cultivadas se diversificaron a 14 especies y al respecto el Sr. Abdón señaló “*Los cultivos que ahora tenemos se debe a que hace más calor*” por ejemplo, se siembran flores en el mes de julio para vender antes del “día de muertos” (2 de noviembre), las flores son: Alhelía, Cempasúchil, Crisalia y Nube. Según lo reportado por Hatfield y Prueger, (2015), las variables de temperatura y precipitación afectan los procesos fisiológicos de las plantas.

Los ejidatarios mencionaron “*Las lluvias en 1980 iniciaba a mediados de mayo o los primeros días de junio y ahora a penas en mayo son ligeras lloviznas, al retrasarse las aguas los cultivos se marchitan*”, además, “*En octubre y noviembre seguía lloviendo, lo que conocemos*

como aguanieves”; en el calendario agrícola del año 2016, se observa el periodo de lluvias de junio a octubre (Figura 4) y de acuerdo a los datos climáticos coincide con lo descrito por los agricultores (Figura 3). Los ejidatarios mencionaron *“Las lluvias son irregulares, por eso aquellos que cuentan con el riego, no sufren como nosotros pero ya no aceptan que entremos”*

El Sr. Vicente comento *“El haba es muy chiqueona porque le entra la enfermedad”* él sembraba la planta en el mes de mayo, cuando inician las lluvias, pero el exceso de humedad provoca enfermedad foliar, como lo menciona Villers *et al.*, (2009) quienes estudiaron la producción de café en Veracruz y concluyeron que existen riegos para este cultivo bajo escenarios de cambio climático debido a que se prevé exceso de humedad que generaría enfermedades.

Los eventos climáticos extremos que se presentan en San Francisco Putla son el granizo y la helada, los agricultores no realizan ninguna actividad para evitar o contrarrestar la pérdida parcial o total del cultivo; el Sr. Alberto recuerda *“Cuando se presentaban las heladas y teníamos las flores de muerto, quemábamos llantas junto a la parcela, pero la ceniza manchaba las flores”*. Los ejidatarios recuerdan el año 1938 porque ocurrió la inundación de Pueblo Nuevo (comunidad vecina), pero también afectó las parcelas del ejido, este tipo de eventos no han ocurrido de nuevo. Al respecto manifiestan que los cultivos de chícharo y coliflor son resistentes a estos eventos extremos.

CONCLUSIONES

Los ejidatarios de la comunidad de San Francisco Putla son pequeños agricultores, debido a que los productos de sus cosechas son comercializados en el mercado interno y además no cuentan con la maquinaria y grandes superficies para considerarse grandes productores. Los agricultores perciben los cambios en el clima y observan estas modificaciones en las variables de temperatura y precipitación, mencionaron que el aumento en la temperatura generó que sus cultivos se diversificaran, ya que en la actualidad se producen catorce especies diferentes a comparación de las cuatro especies que sus antepasados producían.

El calendario agrícola nos permitió identificar las labores agrícolas de los cuatro cultivos principales, así como los meses que se presenta el periodo de lluvia, frío y calor que los agricultores establecieron para comprender el clima. El calendario nos muestra que la festividad más representativa es el día 2 de febrero porque a partir de esa fecha inicia la producción agrícola con la bendición de la semilla.

Las estrategias de adaptación implementadas por los agricultores del Ejido de San Francisco Putla son: diversificación de cultivos, ajustes al calendario agrícola y gestión del sistema de riego, sin embargo, falta realizar otro tipo de acciones como: manejo y conservación de suelo, rotación de cultivos e implementar el riego tecnificado.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó con el apoyo de la beca de posgrado CONACYT, No. de beca 336815 y No. de registro 273145 y el Programa de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca No. registro 3674/2014 E. El primer autor agradece el apoyo al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México, a la Familia García Estrada, así como la participación de los ejidatarios de San Francisco Putla, Tenango del Valle.

LITERATURA CITADA

Ashraf M., y J. K. Routray. 2013. Perception and understanding of drought and coping strategies of farming households in north-west Balochistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 5: 49-60.

Belachew O. and M. I. Zuberi. 2015. Perception of climate change and livelihood of a farming community of Maruf Kebele, Central Oromia, Ethiopia. *American journal of climate change* 4: 269-281.

Bellón M. R., Barrientos-Priego A. F., Colunga-García M., Perales H., Reyes A., Rosales S. R. y Zizumbo-Villareal, D. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, en *Capital natural de México*, vol. II, Estado de conservación y tendencias de cambio, México, CONABIO. 355-382.

Campos M., A. Velázquez, M. McCall. 2014. Adaptation strategies to climatic variability: A case study of small-scale farmers in rural Mexico. *Land use policy* 38: 533-540.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2014. Herramienta para analizar vulnerabilidad social a impactos de Cambio Climático en áreas naturales protegidas de México. CONANP, GIZ. México. Fecha de consulta: 25 de marzo del 2016. Disponible en: http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/Herramienta_Vulnerabilidad_Social_completa.pdf

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) y SMN (Servicio Meteorológico Nacional) 2011. Clima en México, Reporte anual. En línea: <http://smn1.conagua.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2011.pdf> Consultado: 12 de marzo de 2018.

Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

(IICA). 208 p. En línea: <http://repiica.iica.int/docs/B0850e/B0850e.pdf>, consultado: 14 de marzo 2018.

Hatfield J. L. y J. H. Prueger. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10: 4-10.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Krupinsky M., K. L. Bailey, M. P. McMullen, B. D. Gossen and T. K. Turkington. 2002. Managing plant disease risk in diversified cropping systems. *Agronomy Journal* 94: 198-209.

Li C., Y. Tang, H. Luo, B. Di and L. Zhang. 2013. Local farmers' perceptions of climate change and local adaptive strategies: A case study from the middle Yarlung Zangbo River Valley, Tibet, China. *Environmental Management* 52: 894-906.

Mardero S., B. Schmook, C. Radel, Z. Christman, D. Lawrence, M. Millones, E. Nickl, J. Rogan and L. Schneider. 2015. Smallholders' adaptations to droughts and climatic variability in southeastern Mexico, *Environmental Hazards* 14: 271-288.

PHINA (Padrón e Historial de Núcleos Agrarios) V3.0. 2016. En línea: <http://phina.ran.gob.mx/phina2/>. Consultado: 25 de febrero 2016.

Resilience Alliance. 2010. *Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Workbook for Practitioners*. (Version 2.0). En línea: <http://www.resalliance.org/3871.php> Consultado: 20 de abril 2016.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2012. *Agricultura familiar con potencial productivo en México*. En línea: http://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo_rural/docs/reforma_campo/2-III_c1.pdf consultado: 27 de abril del 2017.

Sampieri, H. R., Fernández, C. C. y Baptista L. P. 2010. *Metodología de la Investigación*. Quinta Edición. Mc Graw Hill. México. 613p.

Sánchez-Cortés, M. S. y E. Lazos C. 2011. Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico. *Climatic Change* 107: 363-389.

Sánchez, M. P. 2014. El cambio climático y la agricultura campesina e indígena sostenible en el centro y sur de México. Experiencia de seis organizaciones indígenas y campesinas. Programa de Intercambio, Diálogo y Asesoría en Agricultura Sostenible y Soberanía Alimentaria (PIDAASSA). Primera edición. México, D.F. 169 p.

Tao S., Y. Xu, K. Liu, J. Pan and S. Gou. 2011. Research progress in agricultural vulnerability to climate change. *Advances in climate change research* 4: 203-210.

Villers, L., N. Arizpe, R. Orellana, C. Conde y J. Hernández. 2009. Impactos del cambio climáticos en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México. *Interciencia* 34: 322-329.

Ziervogel G., S. Bharwani y T. E. Downing. 2006. Adapting to climate variability: Pumpkins, people and police, *Natural Resources Forum* 30: 294–305.

DISCUSIÓN GENERAL

Los ejidatarios de San Francisco Putlla observaron cambios en la temperatura y la precipitación, aunque esta última solo comentaron que era variable. Los resultados coinciden con lo reportando por Mardero et al., (2015), Campos et al., (2014) y Li et al., (2013) por lo cual se sugiere que el cambio en el clima lo perciben los agricultores debido a que sus labores agrícolas dependen del sistema climático (IPCC, 2014).

La agricultura está influenciada por una serie de factores tales como el precio de los productos, mercados financieros, tecnologías disponibles, redes sociales y apoyo institucional (Reid *et al.*, 2007). Los ejidatarios de San Francisco atribuyen algunos cambios a la política pública y a los precios en el mercado como algunos otros agricultores que citan factores económicos, políticos y sociales más que factores climáticos como la principal razón para cambiar sus prácticas (Mertz et al., 2009).

De acuerdo a los diversos tipos de adaptación (Bhatti et al. 2006), los pequeños productores realizan una adaptación autónoma, debido a que los productores reaccionan a los cambios de manera automática. Es el caso del cambio del cultivo de la Milpa por los cultivos de hortalizas y flores.

Las predicciones de las precipitaciones anuales, los agricultores observan el comportamiento de las lluvias de un año anterior y el comportamiento que observan diariamente. Cuatro personas de los entrevistados comentaron que se guiaban por las cabañuelas, es decir, por la observación de los primeros días del año como lo realizan los agricultores tsotsiles en Chiapas (Sánchez-Cortés y Martínez-Alcazar, 2017).

CONCLUSIÓN GENERAL

Los agricultores perciben los cambios en el clima, ellos observan estos cambios a través de la observación del ciclo de desarrollo de los cultivos, ya que algunos cultivos como la planta de alheli reducen sus días de desarrollo. Además se tienen otro tipo de problemas de índole político que modifican sus actividades.

En la caracterización del área de estudio se identificaron problemas ambientales como cambios en la variabilidad del clima, la extracción de tepojal, el uso excesivo de agroquímicos, erosión del suelo debido a prácticas de labranza y por el tipo de riego (rodada); problemas económicos debido al precio de los productos en el mercado e intermediarios.

Las estrategias de adaptación implementadas por los agricultores del Ejido de San Francisco Putla son: diversificación de cultivos, ajustes al calendario agrícola y gestión del sistema de riego, sin embargo, falta realizar otro tipo de acciones como: manejo y conservación de suelo, rotación de cultivos e implementar el riego tecnificado. Además que se observa algunos problemas ambientales como la extracción de tepojal y contaminación por el uso prolongado de productos químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abasolo, V., 2006. Entre el cielo y la tierra: raíces, un pueblo de la alta montaña en el Estado de México. Tesis (Doctorado en Antropología Social). Universidad Iberoamericana
- Berkes, F. y C. Folke (eds.), 1998. Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. Cambridge University Press, Cambridge.
- Bhatti, J. S., R. Lal, M. J. Apps y M. A. Price. 2006. Climate change and Managed Ecosystems. Taylor & Francis Group, LLC. United States of America. 446 pp.
- Biggs R., Gordon, L., Raudsepp, C., Schlüter, M. y Walker, B. (2015). Principle 3 – Manage slow variables and feedbacks. En Biggs R., Schulüter, M., y Schonn, M. (eds.). Principles for Building Resilience Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems. Cambridge University Press. Reino Unido, p. 311.
- Belachew, O. and Zuberi, M. I. 2015. Perception of climate change and livelihood of a farming community of Maruf Kebele, Central Oromia, Ethiopia. American journal of climate change 4: pp. 269-281.
- Bellón M. R., Barrientos-Priego A. F., Colunga-García M., Perales H., Reyes A., Rosales S. R. y Zizumbo-Villareal, D. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, en Capital natural de México, vol. II, Estado de conservación y tendencias de cambio, México, CONABIO. 355-382.
- Bourbeau, P. 2013. Resiliencism: Premises and promises in securitisation research. Resilience 1(1), pp. 3-17.
- Brown O. 2008. Migración y cambio climático. Serie 31. Organización internacional para las migraciones, Ginebra, Suiza, 54 pp.
- Campos M., Velázquez, A. y McCall, M. 2013. Adaptation strategies to climatic variability: A case study of small-scale farmers in rural Mexico. Land Use Policy, 38, pp. 533-540.
- CONANP y GIZ. 2014. Herramienta para analizar vulnerabilidad social a los impactos de Cambio Climático en áreas naturales protegidas de México. CONANP, GIZ. México. Disponible en: http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/Herramienta_Vulnerabilidad_Social_completa.pdf Consultado: 25 de marzo del 2016.
- Cruz, L. M. 2011. Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México: evidencia de adaptación al cambio climático. Ra Ximhai 7 (1), 95-106.

- Cumming, G. S. 2011. *Spatial Resilience in Social–Ecological Systems*. Cape Town: Springer.
- Cunningham, W. P. and Cunningham, M. A. 2008. *Environmental Science. A global concern*. Tenth edition. McGraw-Hill. New York, N.Y. 618 pp.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2018. *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2014. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La innovación en la agricultura familiar*. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/sofa/es/> Consultado: 11 de septiembre 2018.
- Folke, C., Colding, J. y Berkes, F. 2003. Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. En Ídem, *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 352-387.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. and Norberg, J. 2005. Adaptive Governance of Social Ecological Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30: 441–473.
- Galicia, L., Gómez-Mendoza, L. and Magaña, V. 2015. Climate change impacts and adaptation strategies in temperate forests in central Mexico: a participatory approach. *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, 20(1), pp. 21-42,
- Gallopín, G. C., P. Gutman y H. Maletta, 1989. Global impoverishment, sustainable development and the environment: a conceptual approach. *International Social Science Journal* XLI (121) pp. 375-397.
- Gallopín, G. C. 2006. Linkages between Vulnerability, Resilience, and Adaptive Capacity. *Global Environmental Change*. 16:3, pp. 293–303.
- Gay, C. (Compilador). 2000. México: Una Visión hacia el siglo XXI. *El Cambio Climático en México, Resultados de los Estudios de Vulnerabilidad del País Coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program*. SEMARNAP, UNAM, USCSP, pp. 220.
- Gay, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H. and Villers, L. 2006. Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*, 79, pp. 259–288.
- Gay, C.; Estrada, F. y Martínez, B. 2010. Cambio climático y estadística oficial. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*. INEGI. 1(1) pp. 1-7.
- Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

208 p. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0850e/B0850e.pdf>, consultado: 14 de marzo 2018.

Gobierno del Estado de México. 1871. Monografía Tenango del Valle. Disponible en: http://monografiasmexiquenses.mx/kiosco/pdf/TenangoDelValle_1975.pdf -----
consultado: 2 de marzo del 2016.

González, E. M., Jurado, E., González S., Aguirre, O., Jiménez J. y Navar, J. 2003. Cambio Climático mundial: origen y consecuencias. Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León. VI (3) pp. 377-385.

Hatfield J. L. y J. H. Prueger. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10: 4-10.

Holling, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual review of ecology and systematics*, 4: 1-23.

Holling, C. S. 2001. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5), pp. 390–405.

INEGI. 2001. Síntesis de información geográfica del estado de México. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bviniegi/productos/historicos/2104/702825224028/702825224028_13.pdf -----
Consultado: 25 de abril 2018.

INEGI. 2007. Censo Agrícola, ganadero y Forestal. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/> Consultado: 12 de julio del 2016.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estado Unidos Mexicanos. Tenango del Valle, México. Clave Geoestadística 15090. Disponible en: -----
http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15090.pdf -----
Consultado: 20 de abril 2016.

INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/> Consultado: 13 agosto 2015

INEGI. 2017. Encuesta Nacional Agropecuaria. ENA. 2017. Disponible en: -----
https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017_pres.pdf Consultado: 15 octubre 2017.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat. Geneva, Switzerland.

- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Izcara Palacios S.P. 2014. Manual de investigación cualitativa. Fontamara, México.
- Janssen, M.A., Ostrom, E., 2006. Resilience, vulnerability, and adaptation: a cross-cutting theme of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. *Global Environmental Change*, 16, pp. 235–316.
- Krupinsky M., K. L. Bailey, M. P. McMullen, B. D. Gossen and T. K. Turkington. 2002. Managing plant disease risk in diversified cropping systems. *Agronomy Journal* 94: 198-209.
- Maass, J. M., y H. Cotler, 2007. Protocolo para el manejo de ecosistemas en cuencas hidrográficas. En: H. Cotler (Comp.). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental (Segunda Edición)*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México D.F., pp.41-58.
- MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, D.C.
- Maass, J. M. 2012. El manejo sustentable de socioecosistemas, en J. L. Calva (coord.), *Cambio climático y políticas de desarrollo sustentable*, Tomo 14 de la colección *Análisis Estratégico para el Desarrollo*, Juan Pablos Editor-Consejo Nacional de Universitarios, México. pp:267-290.
- Maass, J. M., M. Astier y A. Burgos. 2007. *Hacia un Programa Nacional de Manejo Sustentable de Ecosistemas en México*. En: J. L. Calva (coord.) *Agenda para el Desarrollo*, Volumen 14: *Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental*. UNAM y Cámara de Diputados, Editorial Porrúa, México, D.F., pp. 89-99.
- Macías, M. A. 2013. Introducción. Los pequeños productores agrícolas en México. *Carta Económica Regional*, 25: 7-18.
- Maestre, F. T., R. Salguero-Gómez, and J. L. Quero. 2012. It is getting hotter in here: determining and projecting the impacts of global environmental change on drylands. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 367(1606): 3062–75.
- Mardero S.; Schmook, B.; Radel, C.; Christman, Z.; Lawrence, D.; Millones, M.; Nickl, E.; Rogan, J. and Schneider, L. 2015. Smallholders adaptations to droughts and climatic variability in southeastern Mexico. *Environmental Hazards*, 14 (4), pp. 271-288.

- Martínez-Austria, P. y Patiño-Gómez, C. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua III* (1), pp. 5-20
- McDowell Z. 2010. Cambio climático: vulnerabilidad social y escasez de agua en comunidades indígenas campesinas de Bolivia. *Agua Ambiente* 3, 11-33.
- Mertz, O., Halsaes, K., Olesen, J. E., y Rasmussen, K. 2009. Adaptation to Climate Change in Developing Countries. *Environmental Management*, 43(5), pp. 743-752.
- Methmann, C. y Oels, A. 2015. From 'fearing' to 'empowering' climate refugees: Governing climate-induced migration in the name of resilience, *Security Dialogue*, 46 (1): 51-68.
- Moriarty, P. and Honnery, D. 2015. Future cities in a warming world. *Futures*, 66, pp.45-53.
- O'Brien, K. and Leichenko, R. 2000. Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global Environmental Change* 10, pp. 221-232.
- Olsson, P., Folke, C. and Hahn T. 2004. Social-Ecological Transformation for Ecosystem Management: The Development of Adaptive Co-Management of a Wetland Landscape in Southern Sweden. *Ecology and Society*, 9:4 pp. 2.
- Ostrom, E. 2009. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*. 325:5939, 419-422.
- PHINA (Padrón e Historial de Núcleos Agrarios) V3.0. 2016. En línea: <http://phina.ran.gob.mx/phina2/>. Consultado: 25 de febrero 2016.
- Rappaport, R. A. 1977. Adaptation and Maladaptation in Social Systems. In Hill, I (éd), *The Ethical Basis of Economic Freedom*. Chapel Hill, NC: American Viewpoint, 39-82.
- Resilience Alliance. (2010). *Assessing resilience in social-ecological systems: workbook for practitioners*. Disponible en: http://www.resalliance.org/files/ResilienceAssessmentV2_2.pdf Acceso el 11 de diciembre de 2015.
- Rivera-Ferre M. G., Ortega-Cerdá M. and Baumgärtner J. 2013. Rethinking Study and Management of Agricultural Systems for Policy Design. *Sustainability* 5, pp. 3858-3875.
- Rogé P., Friedman, A. R., Astier, M. and Altieri M. A. 2014. Farmer Strategies for Dealing with Climatic Variability: A Case Study from the Mixteca Alta Region of Oaxaca, Mexico, *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 38:7, pp. 786-811.
- Rutter, A. J., Kershaw, K. A., Robins P. C. and Morton A. J. 1972. A predictive model of rainfall interception in forests. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. *Agricultural Meteorology*, 9 pp. 367-385.

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2012. Agricultura familiar con potencial productivo en México. En línea: http://www.senado.gob.mx/comisiones/desarrollo_rural/docs/reforma_campo/2-III_c1.pdf consultado: 27 de abril del 2017.
- Salazar, A. y Masera, O. 2010. México ante el cambio climático. Resolviendo necesidades locales con impactos globales. Unión de científicos Comprometidos con la Sociedad, A.C. 1 - 43 pp.
- Samaniego, J., 2009. Cambio Climático y Desarrollo en América Latina y el Caribe: Una Reseña. Documento de Proyecto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas, Santiago de Chile, 148pp.
- Sampieri, H. R., Fernández, C. C. y Baptista L. P. 2010. Metodología de la Investigación. Segunda Edición. Mc Graw Hill. México. 613p.
- Sánchez, M. P. 2014. El cambio climático y la agricultura campesina e indígena sostenible en el centro y sur de México. Experiencia de seis organizaciones indígenas y campesinas. Programa de Intercambio, Diálogo y Asesoría en Agricultura Sostenible y Soberanía Alimentaria (PIDAASSA). México, D.F. 169pp.
- Sánchez-Cortés, M. S. y Martínez-Alcázar T. Y. 2017. Percepciones de agricultores tsotsiles sobre el clima, variabilidad climática y sus cambios en la localidad “Veinte casas” Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas. En: Ruiz-Montoya, L., Álvarez-Gordillo, G., Ramírez-Marcial, N. y Cruz-Salazar, B. (Editores) Vulnerabilidad social y biológica ante el cambio climático en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, El Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México, pp. 593-622.
- Shengcai T., Yinlong X., Ke L., Jie P. and Shiwei G. 2011. Research Progress in Agriculture Vulnerability to climate change. *Advances in Climate change Research*, 2 (4): 203-210. doi:10.3724/SP.J.1248.2011.00203.
- Schianetz, K. y Kavanagh, L. 2008. Sustainability Indicators for Tourism Destinations: A Complex Adaptive Systems Approach using Systemic Indicator Systems. *Journal of Sustainable Tourism* 16(6), pp. 601-628.
- Semarnat. 2014. Programa Especial de Cambio Climático 2014 – 2018 (PECC). México.
- Tompkins, E. L. and Adger, W. N. 2004. Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change? *Ecology and Society*. 9 (2): 10.

- Verdegue, M. A., Tortosa, M. A. y Baraja B. M. 1999. Cultivo del alhelí en invernadero para flor cortada. Generalitat Valencia. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.agroambient.gva.es/documents/163228750/167772261/Cultivo+del+Alhel%C3%AD%20en+invernadero+para+flor+cortada/bf45b4b1-d7eb-4635-a607-acb908051ba0>
Consultado: 5 de julio del 2018
- Walker, B.; Holling, C. S.; Carpenter, S. R. y Kinzig, A. 2004. Resilience, adaptability and Transformability in Social-ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2): 5.
- Walker, J. y Cooper. M. 2011. Genealogies of resilience from systems ecology to the political economy of crisis adaptation, *Security dialogue*, vol. 42, no. 2, pp. 143-160.
- Williame J. 2015. Análisis del desplazamiento altitudinal del bosque de *Pinus pseudostrobus* Lindley del Nevado de Toluca y su relación con el cambio climático. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y rurales. 85 pp.
- Verchot, L.; Noordwijk, M.; Kandji S.; Tomich, T.; Ong, C.; Albrecht, A.; Mackensen, J.; Bantilan, C.; Anupama, K. V. and Palm, C. 2007. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), pp. 901-918.
- Zavala, H. R. 2010. Política de cambio climático estadounidense. *Revista académica del CISAN-UNAM*. Vol. 5 -1 pp. 309-319

ANEXO 1. Formato de entrevistas semi-estructurada

Fecha: _____

I. DATOS GENERALES:

Nombre:						Femenino	
						Masculino	
Edad:		Ocupación principal:					
		Tiempo como agricultor:					
Otros ingresos (peón, comerciante, albañil, mecánico, etc.):							
Tiempo de habitar en el sitio:							
Escolaridad:	Sin estudios	Primaria	Secundaria	Preparatoria	Licenciatura	OTRO:	
Integrante Comisariado		Periodo del cargo: _____					

¿Qué plantas cultiva?

Cultivo	Siembra	Cosecha	Superficie	Cultivo	Siembra	Cosecha	Superficie
Avena Forrajera				Haba			
				Lechuga			
Brócoli				Nopales			
Cebolla				Papa			
Chícharo				Zanahoria			
Cilantro				Flores			
Col				Alhelí			
Coliflor				Cempazuchitl			
Espinacas				Crisalia			
Frijol				Nube			

II. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA

1. El clima, ¿está cambiando? SI NO

2. ¿A partir de qué década comenzó a percibir los cambios en el clima? Sí conoce el año, favor de indicar.

50s 60s 70s 80s 90s 00s Año: _____

3. ¿Cómo cambiaron los elementos del clima?

Elementos del clima	Aumentó	Disminuyó	Es variable	No cambió	Observaciones
<i>Precipitación (lluvia)</i>					
<i>Temperatura (calor y frío)</i>					

4. Recuerda algún fenómeno natural como: inundaciones, heladas, caída de granizo, vientos fuertes, que haya afectado sus actividades diarias, su casa o su entorno ¿Podría decir el año, los daños ocasionados y si hubo cambio de actividades.

	AÑO	EFFECTOS	CAMBIO DE ACTIVIDADES
<i>Inundación</i>			
<i>Helada</i>			
<i>Granizo</i>			
<i>Fuertes vientos</i>			