



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MEXICO

---

Facultad de Planeación Urbana y Regional  
Licenciatura en Ciencias Ambientales

TESIS

**“Impactos y percepción de la variabilidad climática en  
los sistemas agrícolas de San Miguel Balderas,  
Tenango del Valle”**

PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
*LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES*

**Irma Janet Díaz Colín**

DIRECTORA DE TESIS  
**M. en C. Adriana Guadalupe Guerrero Peñuelas**



Toluca de Lerdo, Estado de México

Noviembre 2019

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>8</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>11</b>
<b>Características de la estación meteorológica.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL .....</b>	<b>16</b>
1.1 Antecedentes.....	18
1.1.1 Contexto Internacional .....	18
1.1.2 Contexto Regional .....	20
1.1.3 México .....	22
1.2 Marco Teórico - Conceptual .....	25
1.2.1 Tiempo atmosférico y clima.....	25
1.2.2 Elementos y factores geográficos del clima .....	26
1.2.2.1 Factores geográficos del clima .....	26
1.2.2.2 Elementos del clima.....	30
1.2.3 Efecto invernadero.....	33
1.2.4 Gases de Efecto Invernadero (GEI).....	34
1.2.4.1 Clasificación de los Gases de Efecto Invernadero .....	35
1.2.5 Cambio Climático.....	40
1.2.6 Variabilidad Climática .....	41
1.2.7 Consecuencias del cambio climático en el sistema climático .....	42
1.2.8 Agricultura y Cambio climático .....	50
1.2.9 Seguridad alimentaria .....	53
1.2.10 Adaptación al cambio climático .....	55

1.2.11 Vulnerabilidad al cambio climático .....	58
1.2.12 Resiliencia al cambio climático .....	61
<b>CAPÍTULO 2 MARCO CONTEXTUAL .....</b>	<b>63</b>
2.1 Localización.....	65
2.2 Clima .....	66
2.2.1 Meteorología .....	67
2.3 Población total.....	69
2.4 Condiciones económicas.....	69
2.5 Actividades productivas y Uso de Suelo .....	70
<b>CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y OBSERVACIONES.....</b>	<b>72</b>
3.1 Comportamiento de la temperatura y de la precipitación en la estación meteorológica San Francisco Putla, periodo 1980 a 2016 .....	73
3.1.1 Comportamiento de la temperatura durante el periodo 1980-1989 .....	74
3.1.2 Variabilidad de la TMA durante el periodo 1980 – 1989 .....	75
3.1.3 Comportamiento de la precipitación durante el periodo 1980 – 1989 ....	75
3.1.4 Comportamiento de la temperatura durante el periodo 1990 – 1999.....	76
3.1.5 Variabilidad de la TMA durante el periodo 1990 – 1999 .....	78
3.1.6 Comportamiento de la precipitación durante la década de 1990 – 1999	78
3.1.7 Comportamiento de la temperatura durante la década de 2000 – 2009	79
3.1.8 Variabilidad de la TMA durante la década de 2000 – 2009 .....	80
3.1.9 Comportamiento de la precipitación durante la década de 2000 – 2009. .....	81
3.1.10 Comportamiento de la temperatura durante la década de 2010 – 2016 .....	82
3.1.11 Variabilidad de la TMA durante la década de 2010 – 2016 .....	83

3.1.12 Comportamiento de la precipitación durante la década de 2010 – 2016	84
3.1.13 Análisis del comportamiento de la temperatura durante el periodo de 1980 – 2016	85
3.1.14 Análisis de la variabilidad de la TMA durante el periodo de 1980 – 2016	86
3.1.15 Análisis de la variabilidad de la precipitación durante el periodo de 1980 – 2016	87
3.1.16 Comportamiento de los registros meteorológicos para el periodo cálido en los años 2000 - 2016	89
3.1.17 Comportamiento de los registros meteorológicos para el periodo cálido en los años 2000 – 2009	90
3.1.18 Comportamiento de los registros meteorológicos para el periodo cálido en los años 2010 - 2016	91
<b>3.2 Participación Social</b>	<b>93</b>
3.2.1 Sistemas de producción agrícola	93
3.2.2 Características de los sistemas de producción agrícola	94
3.2.3. Cambios ambientales en la localidad y afectaciones a la actividad agrícola	97
3.2.4 Estrategias de adaptación	103
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>108</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>115</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>126</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ubicación geográfica de la estación meteorológica .....	15
Tabla 1.2 Persistencia y PCG de los principales GEI en la atmósfera .....	39
Tabla 1.3 Efectos para la producción agrícola .....	52
Tabla 2.1 Crecimiento de la localidad San Miguel Balderas .....	69
Tabla 2.2 Población económicamente activa e inactiva, ocupada y desocupada de la localidad de San Miguel Balderas .....	70
Tabla 3.1 Requerimientos de temperatura para la papa y el maíz .....	89
Tabla 3.2 Extensión de la parcela .....	96
Tabla 3.3 Años de siembra de las parcelas .....	97
Tabla 3.4 Instituciones responsables de la vigilancia de las políticas públicas en materia de cambio climático y sistemas agrícolas .....	121

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de la estación meteorológica San Francisco Putla .....	14
Figura 1.2 Incidencia de los rayos solares sobre la Tierra .....	27
Figura 1.3 Efecto Fohen .....	29
Figura 1.4 Calificación de los elementos del clima .....	30
Figura 1.5 Efecto Invernadero.....	34
Figura 1.6 Gases de Efecto Invernadero naturales y antropogénicos más importantes .....	35
Figura 1.7 Factores que han ocasionado variaciones naturales .....	41
Figura 1.8 Variabilidad y Cambio Climático .....	42
Figura 1.9 Cambio climático en la agricultura .....	51
Figura 1.10 Factores clave para la seguridad alimentaria .....	53
Figura 1.11 Tipos de adaptación .....	56
Figura 1.12 Medidas de adaptación agrícola .....	57

Figura 1.13 Componentes de la vulnerabilidad actual y futura .....	60
Figura 2.1 Mapa de San Miguel Balderas, Tenango del Valle .....	65
Figura 2.2 Mapa de tipo de clima de San Miguel Balderas .....	67
Figura 2.3 Climograma de la zona de influencia de la EMSFP .....	68
Figura 2.4 Mapa de uso de suelo de San Miguel Balderas .....	71

## INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 1980 – 1989 .....	74
Gráfica 3.2 Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 1980 – 1989 .....	75
Gráfica 3.3 Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 1980 – 1989 .....	76
Gráfica 3.4 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 1990 – 1999 .....	77
Gráfica 3.5 Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 1990 – 1999 .....	78
Gráfica 3.6 Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 1990 – 1999 .....	79
Gráfica 3.7 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 2000 – 2009 .....	80
Gráfica 3.8 Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 2000 – 2009 .....	81
Gráfica 3.9 Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 2000 – 2009 .....	82
Gráfica 3.10 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 2010 – 2016 .....	83
Gráfica 3.11 Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 2010 – 2016 .....	84
Gráfica 3.12 Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 2010 – 2016 .....	85
Gráfica 3.13 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 1980 – 2016 .....	86

Gráfica 3.14 Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 1980 – 2016 .....	87
Gráfica 3.15 Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 1980 – 2016 .....	88
Gráfica 3.16 Comportamiento de la temperatura para el periodo cálido en la EMSFP. Periodo 2000 – 2009 .....	90
Gráfica 3.17 Comportamiento de la temperatura para el periodo cálido en la EMSFP. Periodo 2010 – 2016 .....	92
Gráfica 3.18 Principales cultivos .....	94
Gráfica 3.19 Tipo de agricultura .....	95
Gráfica 3.20 Cambios ambientales en la localidad .....	98
Gráfica 3.21 Cambios ambientales a través de los años .....	99
Gráfica 3.22 Consecuencias de los cambios ambientales .....	100
Gráfica 3.23 Causas de los cambios ambientales .....	101
Gráfica 3.24 Cambios de temperatura en la agricultura .....	102
Gráfica 5.25 Cambios de precipitación en la agricultura .....	103
Gráfica 5.26 Cambio de fecha de cultivos .....	104
Gráfica 3.27 Pérdidas económicas por cambios ambientales .....	105
Gráfica 3.28 Adaptación a los cambios ambientales .....	106

## Introducción

Uno de los principales problemas ambientales que se ha presentado es el cambio climático, el cual impacta varios sectores tanto económicos, como sociales y productivos, los países en desarrollo son los más vulnerables a dichos cambios principalmente en el sector agrícola, ya que éste depende totalmente de factores climáticos como la precipitación y temperatura, sobre todo la producción que se obtiene bajo condiciones de temporal (Buendía, 2012).

De acuerdo con Altieri (2002) como resultado del cambio climático se prevé una disminución en el rendimiento de los cultivos, el incremento de plagas y enfermedades, el aumento de fuegos devastadores, problemas de calidad del agua, fenómenos extremos como sequías, lluvias, granizadas y ciclones, además se tienen previstos daños severos a los cultivos consecuencia de la erosión del suelo, imposibilidad para cultivar por la saturación hídrica y aumento de la muerte del ganado.

Cabe resaltar que en México la agricultura de temporal es de gran importancia debido a que se practica en todos los estados del país, siendo la papa y el maíz parte de los cultivos más importantes ya que ocupan la mayor superficie agrícola de temporal en México. Sin embargo, se han registrado pérdidas del 12.1% siendo la cantidad y la distribución de la precipitación uno de los factores de mayor incidencia en este decremento (Sánchez, 2008).

En el caso particular de la localidad de San Miguel Balderas, ubicada en el municipio de Tenango del Valle, Estado de México, la agricultura es parte fundamental dentro del sector económico, y los impactos ambientales pondrían en riesgo su modo de subsistencia, así como su principal fuente de ingreso.

Es por ello que la presente investigación tiene como **objetivo general:**

Determinar los impactos socio-ambientales de la variabilidad climática en los sistemas agrícolas de San Miguel Balderas, Tenango del Valle, durante el periodo 1980 – 2016.

### **Objetivos específicos:**

- Analizar los registros de temperatura y precipitación de las estaciones meteorológicas ubicadas en el área de estudio e identificar la magnitud de la variabilidad de ambos parámetros.
- Indagar cuáles han sido los cambios ambientales observados por la gente local y los productores, particularmente modificaciones en los patrones de temperatura y precipitación.
- Determinar el impacto de la variabilidad climática en los sistemas de producción agrícola en los aspectos socio-económicos y ambientales.
- Identificar las acciones o medidas de adaptación adoptados por los productores locales.

### **Hipótesis**

Los sistemas de producción agrícola se han visto afectados por la variabilidad climática de acuerdo a las modificaciones de los parámetros de precipitación y temperatura, afectando así su desempeño y productividad, llevando a la implementación de acciones y medidas de adaptación adoptadas por los productores de la localidad.

La investigación consta de tres capítulos, el primero presenta los antecedentes del tema de estudio, es decir se presentan casos de estudio que han abordado los efectos de la variación climática en la agricultura tanto en el ámbito internacional, nacional y local, además de su importancia, acciones y medidas tomadas para disminuir su impacto en el sector agrícola. Así también se discuten de manera general los conceptos de mayor relevancia relacionados al cambio climático, el origen de éste y sus efectos en el ambiente. Pero sobre todo se hace énfasis en las

repercusiones actuales y futuras de las modificaciones climáticas en los sistemas agrícolas, así como las medidas de adaptación documentadas.

En el capítulo 2, se aborda las características socioeconómicas y físico-naturales de la zona de estudio, que definen la magnitud de las variaciones climáticas y sus efectos.

El capítulo 3, presenta un análisis cuantitativo sobre los resultados del comportamiento de la precipitación y temperatura, en el periodo 1980 – 2016, con base a la estación meteorológica San Francisco Putla, mediante promedios anuales; además de la participación social, derivado de la observación del comportamiento diario de los cambios ambientales por parte de productores que realizan actividades agrícolas dentro de la zona de estudio.

Por último, contiene las conclusiones y recomendaciones finales de la investigación, con base en los resultados obtenidos del análisis del comportamiento de la precipitación y temperatura, con la finalidad de priorizar las acciones para mejorar la producción agrícola.

En el apartado de anexos, se incluye el cuestionario aplicado en la localidad de San Miguel Balderas para la determinación de la participación social, así como las leyes y normas aplicables para el control, regulación y evaluación del Cambio Climático sobre la agricultura con la finalidad de conocer el funcionamiento de la ley respecto a su posible o no cumplimiento, así como las dependencias encargadas de su acatamiento presentadas en los cuatro niveles de gobierno: internacional, federal, municipal y local.

## **Metodología**

### Alcance de la investigación

Para definir el alcance de la investigación se utilizó la clasificación para los tipos de investigación; los cuales pueden ser exploratorios, descriptivos, correccionales y explicativos (Sampieri, 2010).

La presente investigación se pretende que sea:

#### Exploratoria:

Debido a que la variable estudiada en esta investigación es diferente a otros estudios realizados, lo que la ubica dentro una problemática particular y crea un antecedente para nuevos estudios.

#### Descriptiva:

Puesto que se lleva a cabo la recolección de datos y el análisis de las variables precipitación y temperatura de la estación meteorológica ubicada dentro del área de estudio, durante el periodo 1980 – 2016.

#### Correlacional

En vista de que se analiza la relación existente entre las dos variables de la investigación: la precipitación y la temperatura sobre el sector agrícola.

## Diseño de la investigación

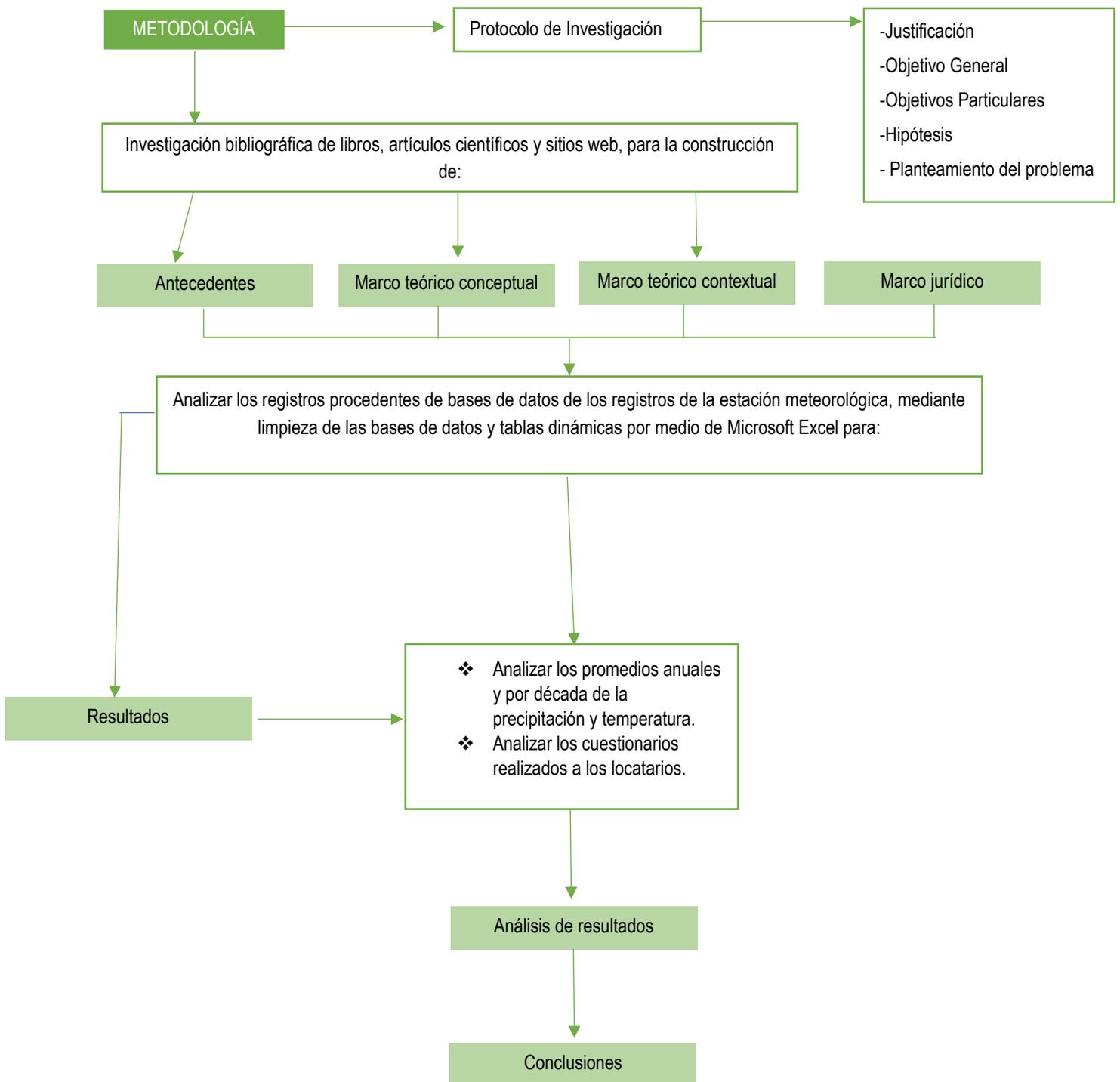
El diseño de la investigación se considera **no experimental**, debido a que no se realizó el manejo de la variable porque los efectos ya habían ocurrido; es por eso que las variables se trabajan a partir de las bases de datos.

La metodología que se utilizó para cumplir con los objetivos propuestos en el trabajo de investigación fue la siguiente:

- Investigación bibliográfica en libros, artículos científicos y sitios web, para la construcción de los antecedentes, marco teórico conceptual, marco teórico contextual.
- Recabar registros de temperatura y precipitación de las últimas tres décadas, analizar los registros procedentes de la base de datos de la estación meteorológica, mediante limpieza de las bases de datos y tablas dinámicas por medio de Microsoft Excel para graficarla y comparar el comportamiento de la precipitación y la temperatura a lo largo de las décadas.
- Realizar trabajo de campo por medio de la aplicación de cuestionarios a los productores, ejidatarios y a las autoridades correspondientes para conocer los problemas más importantes sobre los cambios ambientales dentro de la localidad.
- Analizar los cuestionarios realizados a los locatarios y contrastar la información entre los cuestionarios realizados y los datos obtenidos de la estación meteorológica.
- Por medio de una encuesta de evaluación rápida reunir información sobre las medidas de adaptación de los locatarios que se han tenido que adoptar para mitigar las consecuencias de la variabilidad climática.

Así mismo debido a que la recolección de datos y las variables se analizaron en un tiempo determinado en función de la relación existente entre ellas, la investigación fue **transeccional o transversal**.

### Procedimiento Metodológico



## Características de la estación meteorológica

La estación meteorológica que circunda la localidad de San Miguel Balderas, y de la cual se solicitaron registros de temperatura y precipitación del año 1980 al 2016, es administrada por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) del Estado de México.

En la figura siguiente se puede observar la localización geográfica de la estación meteorológica San Francisco Putla, siendo la más cercana a la zona de estudio y en la tabla 1.1 los datos de la misma.

Figura 1.1 Ubicación geográfica de la estación meteorológica San Francisco Putla

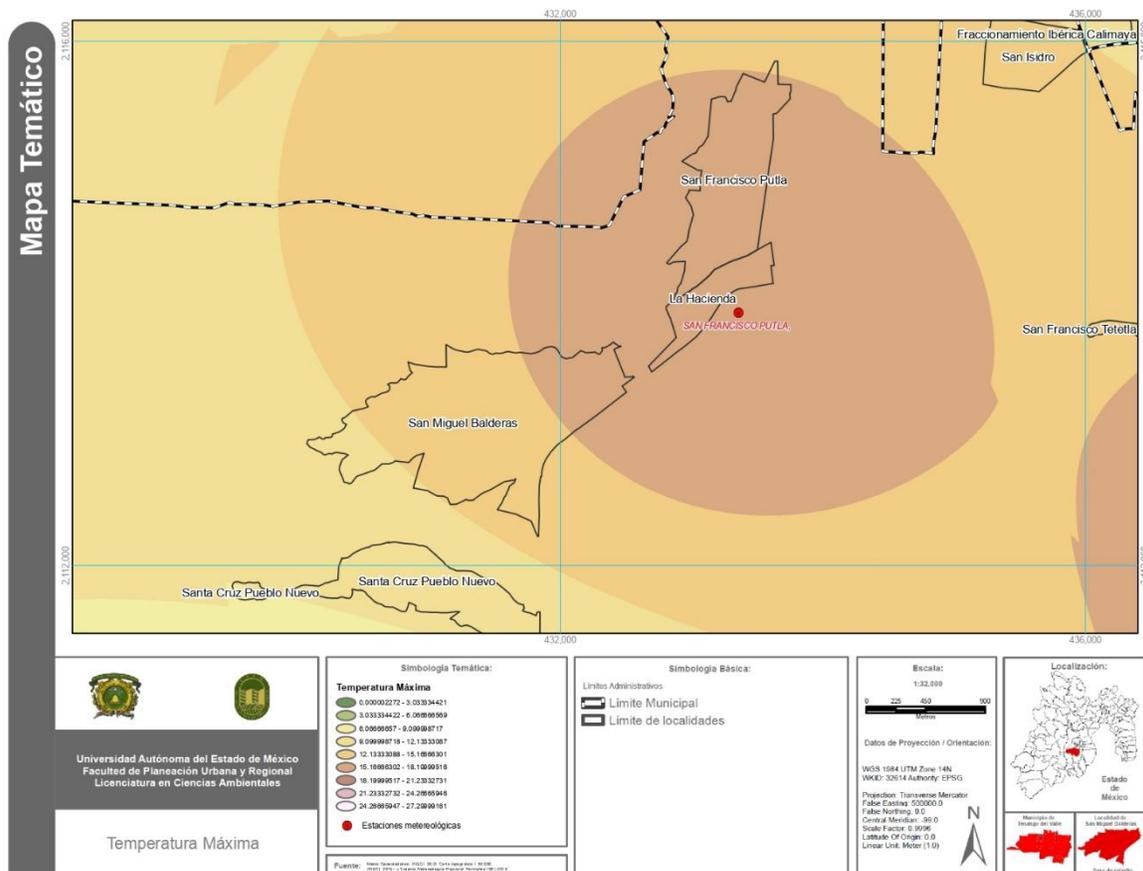


Tabla 1.1 Ubicación geográfica de la estación meteorológica

Nombre de la estación meteorológica	Latitud	Longitud	Altitud
<b>Estación meteorológica San Francisco Putla</b>	19°07'08" N	099°37'55" W.	2,747.0 MSNM.

Fuente: Elaboración propia con base en (CONAGUA, 2010).

**CAPÍTULO 1**  
**MARCO TEÓRICO**  
**– CONCEPTUAL**

La variabilidad climática y su efecto en los sistemas agrícolas es un tema a nivel mundial poco estudiado, específicamente en América Latina este tema es medular, se considera como una amenaza no sólo desde el punto de vista ambiental, sino también social y económico, por su posibilidad de impacto a diferentes sectores, entre los cuales los territorios rurales son los más vulnerables (Conde, 2004).

Este apartado tiene como finalidad presentar estudios previos relacionados a la variabilidad climática y su efecto en los sistemas agrícolas, en la primera sección se presentan los antecedentes en el ámbito internacional, regional y en México, y la segunda contiene las principales ideas y argumentos que serán debatidos a lo largo de la tesis.

## **1.1 Antecedentes**

### **1.1.1 Contexto Internacional**

En un estudio realizado por la Unión Europea (2015) se afirma que la agricultura contribuye y al mismo tiempo se ve afectada por el cambio climático. Se analizaron las emisiones de gases de efecto invernadero de su agricultura y se determinó que debían adaptar su sistema de producción alimentaria para hacer frente al cambio climático.

Así también se identificó que la agricultura impacta de manera negativa al sistema climático desde el proceso de producción, almacenamiento y transporte, ya que durante todas estas etapas se liberan gases de efecto invernadero. Como consecuencia, la agricultura se ha visto afectada, los cultivos necesitan, agua, tierra y luz solar para crecer y el cambio climático ha alterado los periodos de crecimiento en Europa en el cual el aumento de temperatura, la reducción de las precipitaciones y la prolongación de las temporadas de crecimiento podrían facilitar la producción de nuevos cultivos, pero disminuir los cultivos nativos (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2015)

Con base en el estudio se identificó que las variaciones de temperatura en la región, podrían afectar a la proliferación y propagación de insectos, hierbas invasoras y enfermedades que a su vez afectan a las cosechas. La Unión Europea considera como medidas de acondicionamiento a las variaciones de temperatura y precipitación la rotación de cultivos para adaptarlos a la disponibilidad de agua, ajustar las épocas de siembra con las pautas de temperatura y precipitación y utilizar variedades de cultivos adecuadas a las nuevas condiciones (EEA, 2019)

Por otra parte, en un estudio realizado en el sur de Asia se identificó a Afganistán, Bangladesh e India como los países más vulnerables al cambio climático lo cual ha puesto en riesgo la seguridad alimentaria, especialmente la producción de arroz en la región. La principal problemática han sido las intensas inundaciones, sequías,

ciclones y monzones que han creado la incertidumbre respecto al desequilibrio de la distribución de la precipitación y los incrementos de temperatura (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2008).

De acuerdo a BCN (2008), en algunas regiones se ha observado intensas lluvias, mientras que en otros lugares se han visto afectados por las sequías perdiendo los cultivos.

Se considera de vital importancia tomar medidas preventivas y mejorar los sistemas de tratamiento de agua e irrigación y la optimización de cultivos para poder garantizar la seguridad alimentaria y la agricultura en el sur de Asia.

Por otro lado, se realizó un estudio local en el suroeste de Zimbabwe, en el cual se determinó el impacto del cambio climático sobre los medios de subsistencia rurales y cómo las comunidades locales de la región se están adaptando a la disminución de lluvias y al incremento de las temperaturas. En la región subsahariana la agricultura es el sostén principal de las economías rurales en el cual los cambios de temperatura y precipitación pondrían en riesgo los medios de subsistencia que dependen de la producción agrícola (Dube & Phiri, 2013).

La metodología utilizada fue a partir de la recopilación de datos climáticos obtenidos del Departamento de Servicios Meteorológicos de Zimbabwe, los cuales fueron analizados y comparados con la percepción de los pobladores por medio de las discusiones en grupos focales y entrevistas con informantes clave. Asimismo, se seleccionaron y observaron tres parcelas con características similares, considerando el área geográfica y la disponibilidad de las fuentes de agua existentes.

Una de las medidas adoptadas en tiempos de crisis alimentaria entre las comunidades africanas ha sido el consumo de frutos silvestres, aunque también se han visto afectadas por los cambios climáticos. Muchas comunidades en Zimbabwe han optado sustituir para el medio de subsistencia por el “amacimbi”, es un gusano de mopane, para consumo y venta (Ayers, 2009).

El estudio concluye que el fenómeno del cambio climático en Zimbabwe vuelve vulnerable los medios de subsistencia de las comunidades africanas, el aumento de temperaturas y disminución de las precipitaciones altera el entorno y los cultivos agrícolas en la cual la adaptación del agricultor al cambio climático se encuentra limitada por falta de conocimiento y las medidas en respuesta al nuevo contexto.

### **1.1.2 Contexto Regional**

En Venezuela se llevó a cabo una investigación con el objetivo principal de determinar el impacto del cambio climático en el sector agrícola, debido al aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación, se observó una reducción en el rendimiento de los cultivos, en distintas localidades resultado del déficit hídrico (Castillo, et al., 2007).

De acuerdo a las pérdidas en la productividad agrícola se realizaron escenarios de cambio climático para su análisis e interpretación para así evitar más pérdidas dentro de este sector, los escenarios han sido una fuente principal de apoyo para la elaboración de propuestas de medidas de adaptación (Gay, 2003).

Con el estudio se pudo concluir que la variabilidad climática debe considerar un tema prioritario, en el cual debe fomentarse la investigación que permita evaluar los posibles escenarios de los efectos del cambio climático para poder prevenir las pérdidas económicas en Venezuela y poder contribuir a la toma de decisiones.

El cambio climático se ha vuelto un tema primordial para algunos países, tal es el caso de Colombia, en un estudio realizado para identificar las evidencias sobre la variabilidad climática, se pudo observar un incremento de las temperaturas mínimas y medias, así como el aumento de la humedad atmosférica, y la disminución en la precipitación, pero el factor más importante ha sido la intensificación de los extremos hidrológicos, los periodos secos se han vuelto más secos y los periodos húmedos más húmedos, así como el desplazamiento de las fases de los ciclos anuales para

la producción agrícola pues no tienen la seguridad de que sus cultivos tengan la precipitación necesaria para su producción (Ocampo, 2011).

De acuerdo a la investigación realizada se logró determinar que los principales cultivos como la papa, el trigo, el arroz y el tomate se han vuelto vulnerables ante los cambios de precipitación y temperatura.

Por otro lado, en Uruguay se realizó el análisis de la variabilidad climática y el daño para el sector agropecuario con objeto de identificar estrategias que les permitieran recuperarse económica y financieramente de los daños ocasionados, se consideró un periodo de 30 años en el cual se observó un aumento de la precipitación y la temperatura (Tiscornia & Cal, 2016)

Las precipitaciones registradas durante los meses de diciembre de 2013 y enero 2015 disminuyeron considerablemente, por el contrario, para algunas regiones resultaron positivas, aumentando la precipitación. Los eventos climáticos que han perjudicado las producciones agrícolas han sido las sequías y heladas, las cuales han provocado pérdidas por millones de dólares.

El objetivo principal del estudio fue analizar la variabilidad de algunas variables climáticas consideradas relevantes dentro de la actividad agrícola en distintos periodos del año en Uruguay.

Se utilizaron registros de tres estaciones agrometeorológicas del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de Uruguay, las variables analizadas fueron las precipitaciones por trimestre, días sin lluvia, promedio mensual de temperatura máxima, mínima y días con helada.

Debido a los cambios que se han presentado, Uruguay propone un plan de acción con recomendaciones y estrategias con la finalidad de adaptarse a la variabilidad climática observada de acuerdo a las estaciones agrometeorológicas apoyados de los Sistemas de Información para la toma de decisiones y adaptación a los cambios naturales.

Ambos autores, Giménez y Lanfranco (2012) coinciden en que la variabilidad interanual de temperatura fue la que presentó una mayor incidencia, lo cual representa que en épocas de mayor producción exista un desequilibrio entre la precipitación requerida por algunos cultivos. Se considera que la variabilidad climática debe ser un tema de interés prioritario, a pesar de los esfuerzos internacionales y regionales por implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático que pone en riesgo a la productividad agrícola aún falta mucho por hacer.

### **1.1.3 México**

En México, varios estados dependen de la agricultura de temporal, donde principalmente se enfocan en una agricultura de autoconsumo, destacando la producción de papa, maíz, arroz y frijol (INEGI, 2010).

En el ámbito nacional, hay pocas publicaciones relacionadas con la vulnerabilidad de los cultivos ante los efectos del cambio climático, a pesar de que algunas zonas ya se han visto impactadas por cambios ambientales como sequías e inundaciones.

Tal es el caso de Tlaxcala donde el cultivo de maíz representa la principal actividad económica, se realizó un análisis de su rendimiento y vulnerabilidad con base en las concentraciones de CO<sub>2</sub> y el cambio climático, así como las regiones aptas para su producción y se calcularon los costos de producción en el municipio de Calpulalpan con una superficie de 9,655 hectáreas sembrada al año. El maíz tiene una gran adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas, sin embargo, el cambio climático ha disminuido la superficie de siembra, reduciendo el rendimiento de los cultivos y ocasionando pérdidas económicas a los productores (Calderón, et al., 2015).

El objetivo principal del estudio realizado por Calderón (2015) fue el de estimar la forma en que afecta el cambio climático a la producción agrícola, debido a que se encuentra expuesta a cambios en respuesta a las condiciones ambientales.

Aproximadamente el 75% de la superficie municipal se encuentra ocupada por la agricultura de temporal y 2% agricultura de riesgo, lo cual vuelve totalmente dependiente a este municipio de las condiciones climáticas, entre ellas la precipitación y temperatura.

La metodología utilizada fue a partir de la obtención de datos de normales climatológicas de temperatura y precipitación, los suelos dominantes obtenidos de INEGI (2013) e información procesada por un Sistema de Información Geográfica (SIG). De acuerdo a la base de datos se obtuvo el rendimiento anterior y el rendimiento actual del suelo para realizar una comparación entre la producción, así mismo, se realizó una entrevista dirigida a 15 productores de la región para obtener información de acuerdo a las labores realizadas en el cultivo de maíz, fertilización, cosecha, comercialización del producto y costos de producción (Gómez & García, 2004).

Riojas & Venegas (2016) concluyen en que el 86% de la superficie agrícola del municipio de Calpulalpan es apta para el cultivo de maíz, la precipitación tuvo un incremento que podría ser factible para el desarrollo de este cultivo. Sin embargo, también se observó un aumento de temperatura y un incremento considerable de evapotranspiración y la humedad, pero la mayor problemática ha sido hacia el rendimiento de los suelos y la calidad de los cultivos, debido al exceso de humedad, precipitación y granizadas. Con base a los datos obtenidos se pudo asociar que el cambio climático afectará negativamente el rendimiento del potencial del cultivo.

El maíz es el cultivo nacional presente en todos los estados, los climas y en todas las altitudes. Se siembran diversas variedades y se consume de distintas formas.

La producción de autoconsumo, se basa en el uso de la mano de obra familiar, en el cual las zonas productoras presentan una correlación estrecha con las regiones de alta marginación y pobreza del país. Los estados con este sistema son Chiapas, Guerrero, Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Oaxaca, Veracruz y Yucatán, entre los más importantes (Bellon & Hodson, 2011).

Sin embargo, dicha producción se ha visto afectada por las condiciones ambientales actuales, una investigación en Chiapas, donde el principal objetivo fue estimar los pronósticos de vulnerabilidad de los rendimientos de cultivo de autoconsumo en los últimos años.

El estudio arrojó datos que resultan vulnerables para la producción agrícola de autoconsumo para el estado de Chiapas, la precipitación disminuyó considerablemente al igual que la fertilidad del suelo, provocando cambios en la producción.

Gracias a la investigación realizada se tiene una evidencia sobre la variabilidad climática y su impacto en la productividad y el rendimiento de cultivos de maíz en México y de acuerdo al análisis de vulnerabilidad del rendimiento de los cultivos con una deficiente disponibilidad hídrica, señala que es importante considerar la alteración de la fertilidad del suelo agrícola atribuible al cambio climático (Eakin, 2005).

Por su parte en nuestro país, la información climática se vuelve importante para el sector agrícola ya que ha sufrido una serie de cambios y adaptaciones a lo largo de los años, tanto por modificaciones en las condiciones de la Tierra y por la vulnerabilidad a sequías o lluvias extremas ocasionadas por las anomalías entre la variación climática que se ha presentado, pero sobre todo en los cambios en las demandas de la sociedad.

## **1.2 Marco Teórico - Conceptual**

Este apartado tiene como objetivo la definición de conceptos básicos en torno al proceso de cambio y variabilidad climática y sus repercusiones en los sistemas agrícolas y la seguridad alimentaria con la finalidad de establecer un marco de definiciones, información general y la descripción de los procesos relacionados con el estudio del cambio climático.

### **1.2.1 Tiempo atmosférico y clima**

El tiempo atmosférico o estado del tiempo se define como las características físicas o el estado de la atmósfera medido en un periodo de tiempo corto, en un lugar y tiempo determinado, así como su distribución espacial y su evolución temporal durante un periodo que puede ir de uno a varios días (Ucha, 2014).

En cuanto al clima, según el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, 2007) se define como el estado promedio del tiempo meteorológico, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante periodos que pueden abarcar desde meses hasta millones de años. Las magnitudes correspondientes son casi siempre variables de superficie, destacando la temperatura y precipitación.

La climatología se ocupa de estudiar los fenómenos de la atmósfera en los tiempos más prolongados y la meteorología es la que los aborda cuando se trata de un corto plazo. (Ucha, 2014)

Por lo tanto, cuando se habla de cambio climático, se hace referencia a las modificaciones de aquellas condiciones de la atmósfera que se caracterizaban por ser permanentes, duraderas, pero sobre todo estables. Contrario a lo que ocurre

con el tiempo atmosférico que se distingue por ser instantáneo, cambiante y en cierto modo irrepetible (Fuentes, 2000).

## **1.2.2 Elementos y factores geográficos del clima**

Los factores del clima, se definen como las condiciones existentes en un lugar, así como los hechos astronómicos, geográficos y meteorológicos que determinan las particularidades de los elementos climáticos (García, 2008).

Por otra parte, los elementos del clima son aquellas características físicas de la atmósfera que nos permiten evaluarlo, definirlo y clasificarlo (Ayllón, 2003).

El clima de la zona depende de ciertos elementos, principalmente temperaturas, precipitaciones, presión y vientos. Estos elementos varían de un lugar a otro porque están condicionados por distintos factores, como son la latitud, altitud y distancia al mar (INE, 2010).

### **1.2.2.1 Factores geográficos del clima**

#### **A) Latitud**

La latitud es una medida de la distancia a la que se encuentra un sitio respecto al ecuador. Esta variable determina la inclinación con la que inciden los rayos solares, entre más cerca se esté del ecuador los rayos caerán de forma perpendicular, iluminando y calentando una superficie menor (ver figura 1.2). Lo cual resulta en mayores temperaturas durante todo el año. Mientras que, en las zonas cercanas a los polos, la radiación solar llegará a la superficie con una mayor inclinación, ampliando el área a iluminar, pero reduciendo su intensidad, provocando temperaturas menores (SEMARNAT, 2009). De acuerdo a la latitud, varía la temperatura.

Figura 1.2 Incidencia de los rayos solares sobre la Tierra.



Fuente: (SEMARNAT, 2009).

## B) Altitud

La altitud influye en la disminución de la temperatura de la siguiente forma, durante el día la capa inferior de la atmósfera se calienta por contacto con la superficie terrestre, al dilatarse disminuye su densidad, y produce un movimiento de ascenso de aire caliente. A medida que este volumen de aire se eleva se enfría, debido a su expansión ocasionada por una menor presión atmosférica. Por lo contrario, si el aire desciende se comprime como resultado de un aumento de presión y aumenta su temperatura nuevamente (Ayllón, 2003).

Se considera que, por cada 100 metros de altitud, la temperatura baja entre 0.5 y 1° C. A mayor altitud con respecto al nivel del mar, habrá menor temperatura (SEMARNAT, 2009).

La altitud influye también en la disminución de la presión atmosférica, humedad, nubosidad y precipitaciones.

### **C) Suelo**

La naturaleza del suelo influye en la velocidad de evaporación y temperatura del aire, principalmente en la máxima diaria. Las superficies oscuras absorben una mayor cantidad de radiación solar, que las de colores claros, por lo tanto, estas regiones son más calientes en el día, ya que calientan el aire situado encima de ellas con mayor intensidad (FAO, 2007).

La variación de la temperatura dentro del suelo depende de dos parámetros físicos importantes, la conductividad de calor y la capacidad de retención del mismo. Ambos factores se encargan de regular las variaciones de temperatura, pero estos pueden modificarse, al humedecerse o secarse (Ayllón, 2003).

### **D) Orientación del relieve**

El relieve es un factor que, por su forma, altura, posición y orientación, actúa sobre los vientos, las temperaturas y las precipitaciones. Con los vientos funciona como pantalla, afecta la temperatura ya que existen diferencias de insolación de acuerdo a la ladera expuesta, y modifica el régimen de precipitación de acuerdo a la ladera de barlovento (expuesta a la acción de vientos húmedos marítimos), y la ladera de sotavento (protegida del viento), sometida al efecto Foehn (ver figura 1.3). Con este proceso influye en el incremento de precipitación en las vertientes de barlovento, porque, el relieve, da origen a lluvias orográficas, al forzar el ascenso de las masas de aire húmedo (Torres, 1983).

Por otro lado, si una zona particular está orientada directamente al sol, recibirá mayor radiación y con ello su temperatura será más alta que otra zona que se encuentre a menor exposición de los rayos solares (SEMARNAT, 2009).

Figura 1.3 Efecto Fohen



Fuente: (Torres, 1983).

### E) Corrientes Marinas

Las corrientes marinas son enormes masas de agua con diferentes temperaturas que fluyen por los mares, son las encargadas de trasladar una enorme cantidad de energía térmica y de agua. El aumento de la temperatura generado por las corrientes cálidas cambia el régimen de presión y con ello la dirección del viento (SEMARNAT, 2009).

Sin embargo, las corrientes frías también ejercen una poderosa influencia, son capaces de disminuir la temperatura, regularizando la presión y los vientos, incrementando la humedad, haciendo el clima más brumoso y sin precipitaciones (Ayllón, 2003).

### F) Continentalidad

Es el grado de proximidad de un sitio con el mar, influye en la cantidad de humedad y en la temperatura. Donde la lejanía del mar dificulta que llegue aire húmedo disminuye las precipitaciones y se amplía la variación entre los valores máximos y mínimos de temperatura, conocida como amplitud térmica (Benavides & León, 2007).

Otro factor que se debe de señalar es la distribución de los continentes y océanos, lo cual produce un efecto importante en la variación de temperatura. Los océanos se calientan y enfrían con mayor lentitud que los continentes debido a su alto calor específico. De tal manera que las zonas costeras presentan temperaturas moderadas mientras que el interior de los continentes sufre grandes amplitudes térmicas (Chorley, 1986).

### 1.2.2.2 Elementos del clima

Ayllón (2003) los clasifica en dos: elementos geodinámicos y acuosos, los cuales se describen a continuación (ver figura 1.4)

Figura 1.4 Calificación de los elementos del clima



Fuente: Elaboración propia con base en (Ayllón, 2003).

#### A) Temperatura

La temperatura de la superficie terrestre está determinada por la cantidad de calor del aire almacenado, en un momento y lugar determinado, que, a su vez, depende del flujo de calor, radiación solar (entrada) y radiación terrestre (salida), así como los diversos mecanismos que intervienen en los procesos como la evaporación y el escurrimiento superficial. (Chorley, 1986). La distribución de calor dentro del sistema climático, es a través de las circulaciones atmosféricas y oceánicas. Se establece mediante promedios, temperaturas medias, diarias, mensuales o anuales.

Sin embargo, la temperatura depende de diversos factores, como el tipo de sustrato; donde la roca absorbe energía y el hielo la refleja, dirección y fuerza de los vientos, latitud, altura sobre el nivel del mar y la proximidad de masas de agua (Ucha, 2009).

## **B) Precipitación**

Se le conoce como precipitación a la caída de agua de las nubes, ya sea en estado líquido o sólido como consecuencia de la condensación del vapor sobre la superficie terrestre. Cuanto mayor es la cantidad de vapor de agua en el aire, se incrementan las precipitaciones, absorben la energía irradiada por la Tierra y tiene mayor capacidad para producir tormentas eléctricas (Ucha, 2011).

Según Griffiths (1985) la precipitación puede ser originada por diversas causas:

- **Orográficas:** Debido al relieve, las masas de aire se ven forzadas a elevarse parcialmente.
- **Convección:** Por el calentamiento de la superficie terrestre o marina, se producen áreas cálidas que provocan la elevación de masas de aire caliente.
- **Convergencia:** Se produce cuando dos masas de aire de distintas características entran en contacto, la fría se introduce por debajo de la cálida, obligándola a ascender.
- **Ciclónica:** Denominada precipitación frontal y puede incluir la lluvia de convergencia, ya que la zona de transición, entre las dos masas de aire, puede considerarse como un frente.

La precipitación, también es originada por los cinturones permanentes y semipermanentes de presión atmosférica, donde el aire se encuentra sometido a los movimientos ascendentes o descendientes, donde las condiciones dan lugar a la humedad o aridez (López, 1982).

## **C) Presión**

Se puede definir como la fuerza que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. El peso de una columna de aire varía, de acuerdo a la temperatura, cuando el aire se calienta, se expande y es menos denso, que una columna con las mismas

características, pero constituida de aire frío. También hay que considerar el contenido de humedad, ya que el vapor de agua tiene menos densidad que el resto de los componentes atmosféricos (García, 1983).

Por lo tanto, las temperaturas altas, producen bajas presiones atmosféricas en la superficie de la Tierra, mientras que, con las bajas temperaturas, sucede lo contrario en la superficie.

#### **D) Humedad**

De acuerdo con Ucha (2010) la humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua que se encuentra en la atmósfera. El vapor de agua, es originado por la evaporación de agua en océanos y mares, así como en la superficie terrestre, que después se condensa para formar las nubes.

Además, dependiendo de la temperatura será la capacidad que tiene el aire para contener el vapor de agua (IPCC, 2008). Esto tiene que ver con la humedad relativa, mientras mayor temperatura tenga una masa de aire por la expansión que tiene, tendrá una mayor capacidad de contenerla. La formación de nubes depende de la inestabilidad atmosférica y del movimiento vertical, pero también, está asociada por los procesos a pequeña escala (Ucha, 2010).

#### **E) Viento**

Es considerado como el aire que se encuentra en movimiento, el cual es originado por las diferencias horizontales de la presión atmosférica. Donde el desequilibrio creado por la diferencia de presión entre dos zonas de la atmósfera es corregido mediante un desplazamiento de aire desde la zona donde se encuentra la mayor presión hacia la zona de menor presión (Campos, 1998).

#### **F) Nubosidad**

Una nube es el conjunto de gotas de agua, grandes o pequeñas, muchas veces también lo es, de cristales de hielos. La masa que forman es distinguida a simple

vista y es el producto de un gran proceso de condensación o sublimación (Durand, 1972).

El movimiento vertical que genera condensación puede deberse a la elevación gradual del aire sobre una extensa zona asociada a un sistema de bajas presiones o a la convección térmica, una elevación por turbulencia mecánica o ascensión sobre una barrera orográfica (Chorley, 1986).

### **1.2.3 Efecto invernadero**

De acuerdo con Barros (2004) la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra calienta el suelo y los océanos, que, a su vez, liberan calor en forma de radiación infrarroja. Los gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran en la atmósfera, como el Dióxido de Carbono, absorben parte de esta radiación producida por la Tierra y los océanos y la envían en todas las direcciones, lo que provoca el calentamiento de la superficie del planeta.

A pesar de que el efecto invernadero es un fenómeno natural y esencial de la Tierra ya que permite que las temperaturas sean adecuadas para nuestra subsistencia, se vuelve un matiz negativo cuando este efecto es excesivo y actúa como una barrera que no permite que la atmósfera libere el calor acumulado en la superficie terrestre (ver figura 1.5) (INE, 2010).

Figura 1.5 Efecto Invernadero



Fuente: (INE, 2010)

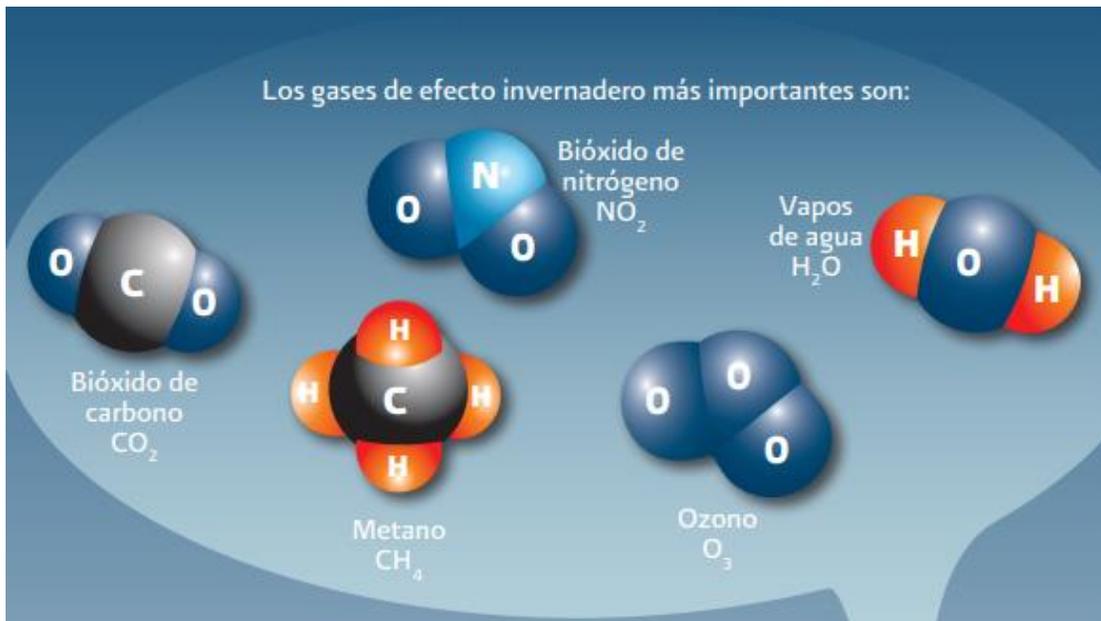
### 1.2.4 Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Se pueden definir como los gases que se acumulan en la atmósfera, por factores naturales y antropogénicos, son capaces de absorber y emitir la radiación infrarroja, aumentando y reteniendo el calor en la Tierra, la atmósfera y en las nubes, provocando el efecto invernadero (Vidal, 2005).

De acuerdo con Benavides y León (2007), consideran al vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), el Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), el Metano ( $\text{CH}_4$ ) y el Ozono ( $\text{O}_3$ ) como los principales GEI generados naturalmente, en la atmósfera de la Tierra. Sin embargo, existen una serie de GEI, de origen completamente antropogénico, como los Halocarbonos, Clorofluorocarbonos, Ozono y otras sustancias con contenido de Cloro y Bromo.

Los GEI, se han generado desde hace miles de millones de años de fuentes naturales como el vulcanismo, y los océanos; por la actividad biológica como la respiración de plantas y animales, y por la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, desde el inicio de la industria y el uso de combustibles fósiles, el hombre ha contribuido a su generación, incrementando las concentraciones de GEI en la atmósfera (SEMARNAT, 2009).

Figura 1.6 Gases de Efecto Invernadero naturales y antropogénicos más importantes



Fuente: (SEMARNAT, 2012).

#### 1.2.4.1 Clasificación de los Gases de Efecto Invernadero

Según Benavides y León (2007) los GEI se clasifican de dos formas; GEI directos y GEI indirectos:

##### a) Gases de Efecto Invernadero Directos:

Contribuyen al efecto invernadero tal como son emitidos a la atmósfera. En este grupo se encuentran: el Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el Metano ( $\text{CH}_4$ ), el Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los compuestos halogenados.

### **b) Gases de Efecto Invernadero Indirectos**

Son precursores del Ozono Troposférico, además de contaminantes del aire ambiente de carácter local, en la atmósfera se transforman a GEI directos. En este grupo se encuentran: los Óxidos de Nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles diferentes del Metano y el Monóxido de Carbono.

Por otra parte, de acuerdo al IPCC (2007) los GEI son clasificados en dos: de vida larga y de vida corta.

### **c) Gases de Efecto Invernadero de Vida larga**

Son contaminantes que permanecen en la atmósfera durante mucho tiempo, las actividades humanas generan emisiones de cuatro GEI de larga permanencia: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y halocarbonos (gases que contienen flúor, cloro o bromo).

### **d) Gases de Efecto Invernadero de Vida corta**

Son agentes atmosféricos contribuyentes al calentamiento global, y al mismo tiempo degradan la calidad del aire. Tienen una vida útil relativamente breve en la atmósfera (entre pocos días a unas pocas décadas).

De la misma forma, las actividades humanas han incrementado el flujo natural de los GEI que existe entre las fuentes naturales y la atmósfera (SEMARNAT, 2009).

## **1.2.4.2 Características generales de los Gases de Efecto Invernadero**

Las concentraciones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, han ido incrementado como consecuencia de las actividades humanas, principalmente el uso de combustibles fósiles, la deforestación y degradación de biomasa (SEMARNAT, 2012).

El incremento de estos gases puede tener diversas consecuencias, principalmente el aumento de temperatura produciendo efectos dañinos (Barros, 2004).

A continuación, se especifican algunas características de los GEI que influyen en los cambios en la atmósfera terrestre.

#### **1.2.4.2.1 Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

Es el GEI, con mayor contribución al cambio climático (aproximadamente el 64% del forzamiento radiativo total ocasionado por los GEI de larga duración), es producido por los cambios de uso de suelo, extensión de tierras para pastoreo, consumo de combustibles fósiles y la deforestación, los bosques al quemarse o descomponerse emiten CO<sub>2</sub> (Pérez & Merino, 2009).

La mitad del CO<sub>2</sub> emitido por la actividad humana es absorbida por la biosfera y los océanos, mientras que la cantidad restante permanece en la atmósfera durante cientos o miles de años (OMM, 2013).

#### **1.2.4.2.2 Metano (CH<sub>4</sub>)**

Es el segundo GEI más importante, (contribuye con el 18% aproximadamente del forzamiento radiativo total ocasionado por los GEI de larga duración), producido principalmente como consecuencia de diversas actividades agropecuarias, como el cultivo del arroz bajo riego, la cría del ganado, la descomposición en condiciones anaerobias del estiércol de especies pecuarias y la quema de residuos agrícolas (SEMARNAT, 2009).

Aproximadamente el 40% del metano emitido a la atmósfera procede de fuentes naturales (humedales y termitas), y el 60% restante proviene de las actividades antropogénicas (OMM, 2013).

#### **1.2.4.2.3 Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)**

El N<sub>2</sub>O es el tercer gas más importante, éste es emitido principalmente por el uso de agroquímicos en la agricultura. La fuente más importante N<sub>2</sub>O son las emisiones generadas por los suelos agrícolas, debido al proceso

microbiológico de la nitrificación y desnitrificación del suelo. Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: a) Directas desde el suelo, b) Directas del N<sub>2</sub>O del suelo, debido a la producción animal (pastoreo), y las c) Indirectas, generadas por el uso de fertilizantes (Pérez & Merino, 2009).

El N<sub>2</sub>O que se emite a la atmósfera procede tanto de fuentes naturales 60% (océano y suelos), tanto antropogénicas 40% (FAO, 2007).

Este gas también contribuye significativamente a la destrucción de la capa de ozono estratosférico, que nos protege de los rayos ultravioleta nocivos del Sol (OMM, 2013).

#### **1.2.4.2.4 Gases Fluorados**

Se consideran en tres grupos principales: a) Hidrofluorocarbonos (HFC), b) Perfluorocarbonos (PFC) y c) Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>). Fueron desarrollados para sustituir a las sustancias que agotan la capa de ozono, sin embargo, contribuyen al calentamiento de la atmósfera, así como el alto poder destructivo del ozono estratosférico de aquellos compuestos que contienen cloro y/o bromo (IPCC, 2007).

#### **1.2.4.3 Potencial de Calentamiento Global (PCG)**

El Potencial de Calentamiento Global (PCG) se puede definir como la medida en la que un gas de efecto invernadero contribuye al calentamiento global. Cada uno de los GEI afecta a la atmósfera en distinto grado y permanece allí durante un periodo de tiempo diferente (IPCC, 2007).

El PCG, es la base para todos los cálculos y su valor equivale a 1. Cuanto más alto sea el PCG que produce un gas, mayor será su capacidad de retención del calor en la atmósfera (IPCC, 2008). Por lo tanto, se puede afirmar que cuantos más altos

sean los índices de PCG en la atmósfera más rápido se producirá el cambio climático.

A medida que transcurre el tiempo los GEI de origen natural que producen el efecto invernadero van disminuyendo en su influencia. Sin embargo, los gases fluorados tienen un mayor nivel de concentración de calor y permanecen más tiempo en la atmósfera. Lo que es aún peor, los gases fluorados son creados exclusivamente por nosotros los humanos y no hay proceso natural alguno para removerlos paulatinamente de la atmósfera (IPCC, 2007).

En la tabla 1.2 se indica la capacidad de retención del calor de los gases de efecto invernadero en comparación con el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un período de 20 y 100 años.

Tabla 1.2 Persistencia y PCG de los principales GEI en la atmósfera

Gas de Efecto Invernadero	Persistencia en la atmósfera	Principal actividad humana que lo genera	PCG (Período 100 años)
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	Variable 5 a 200 años	Combustibles fósiles, producción de cemento, cambios de uso del suelo	1
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	12 años	Combustibles fósiles, arrozales, vertederos, ganado	25
<b>Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	114 años	Fertilizantes, procesos de combustiones industriales	298
<b>Gases Fluorados</b>	50 000 años	Electrónica, refrigerantes, procesos industriales, producción de aluminio y fluidos dieléctricos	23 000

Fuente: Elaboración propia con base en (IPCC, 2007)

### **1.2.5 Cambio Climático**

El cambio climático se puede definir como cualquier modificación producida en el clima a través del tiempo, como resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas. A pesar de que el clima cambia naturalmente, existen evidencias de que el calentamiento del planeta en los últimos 50 años puede ser atribuido a los efectos de las actividades humanas (SEMARNAT, 2009).

Por otra parte, la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC, 1994), lo describe como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”.

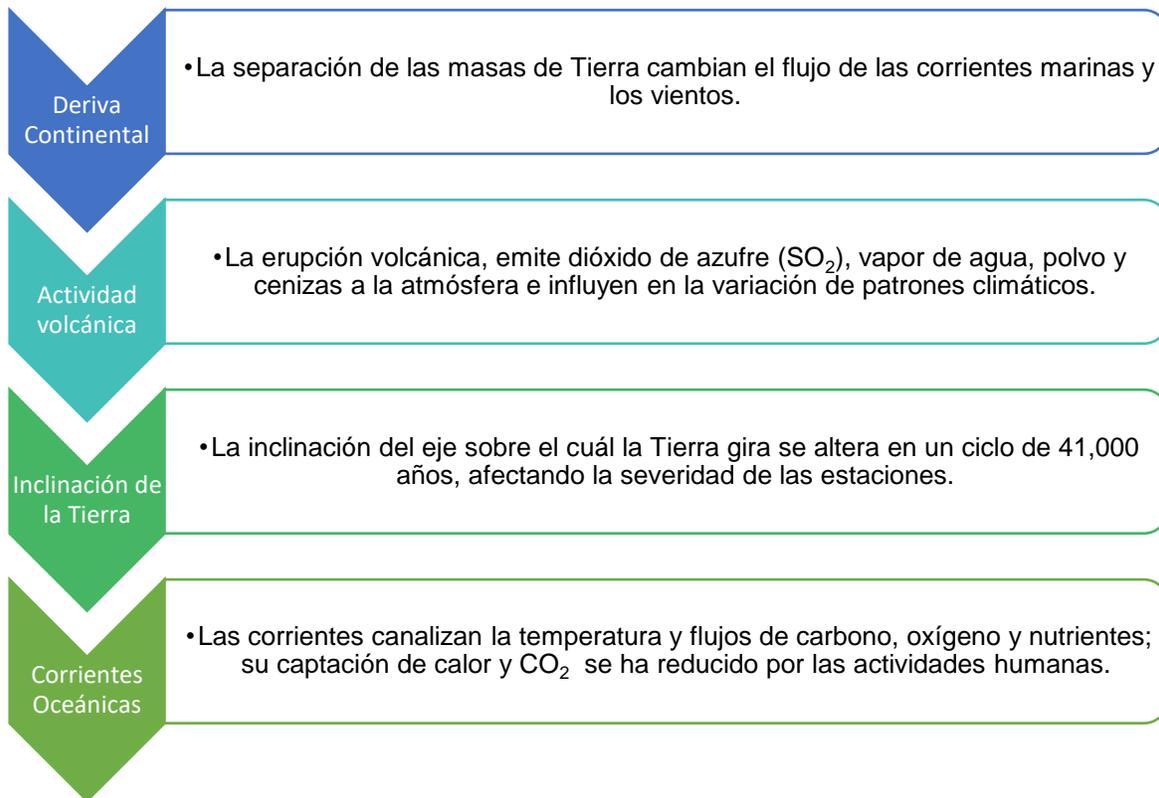
Los impactos globales del cambio climático incluyen un aumento en la periodicidad e intensidad de eventos climáticos, incremento de temperatura y precipitación. En tanto que a escala regional los efectos tienden a ser más notables y variables, beneficiando a algunas zonas y perjudicando a otras (Reid & Huq, 2005).

#### **1.2.5.1 Causas del Cambio Climático**

Existen efectos naturales que contribuyen al cambio climático, como lo son los movimientos de las placas tectónicas, los eventos volcánicos, las corrientes oceánicas y la modificación de la inclinación de la Tierra (ver figura 1.7) (SEMARNAT, 2012).

-

Figura 1.7 Factores que han ocasionado variaciones naturales



Fuente: Elaboración propia con base en (SEMARNAT, 2012).

### 1.2.6 Variabilidad Climática

Es definida por el IPCC (2007), como una "variación dentro del clima, y las fluctuaciones en las propiedades estadísticas sobre períodos de semanas, meses o años". De esta manera se determinan límites dentro de los cuales los valores medios o frecuencias de valores entre los límites establecidos pueden ser aceptados como normal.

De acuerdo con Alcaraz (2015) a lo largo del tiempo han surgido variaciones climáticas atribuidas principalmente a los fenómenos naturales y las condiciones atmosféricas que exceden los valores, como frentes fríos, huracanes, perturbaciones tropicales, precipitación pluvial excesiva o sequías prolongadas; pero actualmente estos cambios se han identificado debido a las actividades

humanas, entre ellas se encuentra la deforestación, cambios de uso de suelo y la industria.

Es importante conocer la diferencia entre el cambio climático y la variabilidad climática, en esta última las variaciones se presentan cuando con cierta frecuencia un fenómeno genera un comportamiento anormal del clima, siendo un fenómeno temporal y transitorio. El cambio climático, por otra parte, denota un proceso que no es temporal y puede ser verificado por modificaciones que deben persistir durante décadas o hasta siglos, como se muestra en la figura 1.8 (Baethgen, 2010).

Figura 1.8 Variabilidad y Cambio Climático



Fuente: (Baethgen, 2010)

### 1.2.7 Consecuencias del cambio climático en el sistema climático

Todos los elementos del ambiente se encuentran relacionados entre sí, alterar uno de ellos origina cambios en los restantes, algunas veces éstos son imperceptibles y otras muy evidentes. A lo largo de la historia, se han registrado cambios en el clima, pero pasaron cientos o miles de años para presentarse. (SEMARNAT, 2009).

En el año 2001 el IPCC, expuso a través de observaciones a los sistemas físicos y biológicos que se estaban produciendo cambios en el clima, principalmente el

aumento de la temperatura, lo cual tenía afectaciones en gran parte de los sistemas existentes en diferentes partes de la Tierra.

A -continuación, se explicará la estructura y dinámica del cambio climático, así como los principales efectos que ha tenido en cada uno de los componentes del sistema climático: a) atmósfera, hidrósfera, criósfera, biósfera y litosfera (IPCC, 2007).

### **1.2.7.1 Atmósfera**

La atmósfera de la Tierra, es una capa de aire, formada por diferentes estratos donde la temperatura y algunas de sus propiedades varían con la altitud; una de estas variaciones es la rápida capacidad de respuesta al desigual reparto de calor. Cabe mencionar que aunque el 99.96% de la atmósfera está constituida de gases como el nitrógeno, oxígeno y argón, la importancia meteorológica de estos es nula, por otra parte existen componentes que aunque con menor presencia (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, vapor de agua) tienen un papel muy importante en el sistema climático, particularmente en la absorción de la radiación infrarroja (Baethgen, 2010).

El cambio climático afecta directamente la temperatura promedio en la superficie de la Tierra ya que está determinada por el equilibrio que existe entre la radiación solar absorbida por la superficie terrestre (que la calienta), y la radiación infrarroja emitida al espacio (que la enfría). Sin embargo, los GEI de la atmósfera dificultan la liberación del calor en este proceso, lo que provoca que la temperatura de la superficie terrestre sea mayor (Barros, 2004).

Barros, (2004) destaca que, en ausencia de los GEI en la atmósfera, la temperatura media del planeta sería mucho más fría y se encontraría por debajo de los 20°C bajo cero, en lugar de los 15°C sobre cero actuales.

### 1.2.7.1.2 Eventos extremos

Pueden considerarse como aquellos fenómenos climáticos, de gran intensidad y poca frecuencia, que tienen efectos ambientales y sociales adversos, ya sea regional o localmente (huracanes, tornados, sequías, heladas o granizadas), (SEMARNAT, 2009).

De acuerdo con Alcaraz (2015), las inundaciones y sequías están aumentando tanto en número, como en frecuencia; y advierte que este incremento está relacionado con el cambio climático, provocados por el actual y progresivo recalentamiento de la Tierra, donde se han visto modificados los fuertes vientos que recorren el planeta a varios kilómetros de altura.

### 1.2.7.1.2 Inundaciones

Una inundación es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de ésta, puede ser por desbordamiento de ríos o el incremento de las mareas por encima de su nivel habitual (IPCC, 2007).

Las inundaciones representan un riesgo para la salud, debido a que las fuentes de agua pueden contaminarse con materiales tóxicos que aumentan la transmisión de enfermedades del tipo fecal-oral, provocando condiciones insalubres para el hombre (OMS, 2010).

Según la OMS (2010), las inundaciones pueden ser clasificadas dependiendo su velocidad:

- a) **Inundaciones repentinas:** Son las que se desarrollan rápidamente, por lo general son resultado de intensas lluvias que usualmente arrastra rocas, lodo y otros escombros que pueden arrasar cualquier cosa en su paso.

**b) Inundaciones fluviales:** Son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura.

**c) Inundaciones costeras:** Estas son producidas por el desbordamiento del mar sobre la costa, la marea de tormenta que se desarrolla durante los ciclones puede afectar zonas costeras, sobrepasando el nivel del mar hasta que éste penetra tierra adentro, cubriendo en ocasiones grandes extensiones.

Las inundaciones han provocado daños a las tierras agrícolas, afectando los cultivos y el suministro de alimentos, otra consecuencia importante es la erosión de los suelos. También se ha producido la inundación de humedales y la contaminación de acuíferos, afectado a la flora y fauna de algunas zonas, provocando la pérdida de hábitat para muchas de las especies (FAO, 2007).

### 1.2.7.1.3 Sequías

Es definida como una anomalía transitoria, más o menos prolongada, caracterizada por un periodo de tiempo con valores de las precipitaciones inferiores a los normales en el área (SAGARPA, 2012).

Boege & Carranza (2009), las clasifican en cuatro tipos: meteorológicas, hídricas, agrícolas y económicas, las cuales se describen a continuación.

**a) Sequía meteorológica:** Es la falta prolongada de precipitación por meses o años, con valores inferiores a los valores medios, lo que ocasiona un impacto en los abastos de agua.

Por lo tanto, si la precipitación es 75% o menos de lo normal (precipitación promedio 30 años) por un periodo de un año o más es considerada sequía meteorológica, al igual que, si existe una deficiencia de lluvias de mayo a

noviembre, ya que estas lluvias son importantes para el desarrollo agrícola. (López, 1982)

**b) Sequía hidrológica:** Es la disminución en la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas en un sistema de gestión durante un plazo temporal dado, respecto a los valores medios, que puede impedir cubrir las demandas de agua.

**c) Sequía agrícola:** Ocurre cuando no hay suficiente agua para que puedan crecer los cultivos, difiere de cada región ya que cada tipo de suelo posee su propia capacidad de retención de agua, además, cada cultivo necesita diferente cantidad de agua durante su desarrollo.

Este tipo de sequía puede resultar de la deficiencia de la lluvia o del manejo inadecuado de los recursos de agua. La sequía agrícola, es evidente después de la sequía meteorológica (cuando disminuye la precipitación), pero antes de la sequía hidrológica (cuando descienden los niveles de agua en ríos, lagos y embalses) (SEMARNAT, 2012).

**d) Sequía económica:** Es producida cuando la escasez de agua produce daños económicos o personales a la población afectada por la falta de lluvias. No necesariamente se refiere a la falta de suministro de agua, basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica.

Los periodos de sequías han tenido importantes consecuencias para el ambiente, la agricultura, la economía, la salud y la sociedad. Los efectos varían de acuerdo al grado de vulnerabilidad; tal es el caso de los agricultores de subsistencia, quienes son más propensos a migrar durante una sequía ya que no tienen fuentes alternativas de alimentos. Por otra parte, también se ha visto en incremento la hambruna, debido a la pérdida de cultivos; la malnutrición, deshidratación y daños al hábitat de algunas especies en peligro de extinción (OMM, 2013).

### **1.2.7.2 Biósfera**

Se encuentra constituida de vegetación y fauna, interviene en la evaporación directa, según el suelo cubierto y modifica el albedo terrestre, e incrementa la capacidad de retención de agua, en el suelo (Griffiths, 1985).

La variabilidad climática se está produciendo de una forma muy acelerada, conforme la temperatura y la precipitación se modifican, se compromete la sobrevivencia y reproducción los organismos de todas las especies de plantas y animales que viven en condiciones ambientales particulares a las cuales están habitadas (FAO, 2007).

#### **1.2.7.2.1 Biodiversidad**

Por otra parte, los ecosistemas sufren la pérdida de la biodiversidad y del hábitat, donde varias especies terrestres, marinas y de agua dulce se han visto en la necesidad de trasladarse a otros hábitats para sobrevivir. Además, algunas especies de plantas y animales están expuestas al riesgo de extinción si las temperaturas medias siguen incrementando de forma descontrolada (SAGARPA, 2012).

De acuerdo con Alcaraz (2015), la variación climática afecta a muchas especies en sus procesos estacionales como son la floración de las plantas, las migraciones de las aves y la aparición de las primeras hojas de los árboles en la primavera. Sin embargo, en el caso de los océanos, los cambios en la temperatura traen como consecuencia menor disponibilidad de alimento para algunas especies, provocando su migración a distintas zonas donde pueden conseguirlo.

Como respuesta a los cambios en algunas variables ambientales, los organismos de ciertas especies se han desplazado hacia nuevos sitios con características similares a las que poseían sus hábitats naturales. No obstante, debe mencionarse

que no todas las especies tienen la capacidad de desplazarse hacia nuevos sitios para evitar los efectos de la variabilidad climática. Esto quiere decir que, en caso de no poder adaptarse localmente a las nuevas condiciones, podrían extinguirse en el mediano o largo plazo (Magaña, 2006).

La pérdida de la biodiversidad, ya sea debido a la variación climática, o a su efecto combinado con el de la deforestación, la sobreexplotación de los recursos o la contaminación, puede tener efectos negativos importantes para la sociedad, como la pérdida de los servicios ambientales que nos brindan los ecosistemas como la captura de bióxido de carbono, la regulación del clima local, captación y mantenimiento de la calidad del agua, control de plagas y enfermedades, la descomposición de los residuos que producimos, la formación y la fertilidad de los suelos y la polinización de los cultivos que realizan las abejas, mariposas, murciélagos y otros animales. Es probable que se pierda también la capacidad propia que tienen los ecosistemas para regular el clima, como en el caso de los bosques y las selvas si las temperaturas siguen en incremento (SEMARNAT, 2012).

### **1.2.7.3 Costes para la sociedad y economía**

Autores como Baethgen (2010) y Alcaraz (2015) coinciden en que las regiones más vulnerables ante los impactos de la variabilidad climática, son las que ya se enfrentan a retos importantes -como un alto nivel de pobreza, incremento poblacional, crecimiento urbano desmesurado, existencia de viviendas en sitios peligrosos, amenazados por inundaciones y deslizamientos- debido a que su capacidad de previsión, adaptación y recuperación es limitada.

Según el IPCC (2007) los efectos provocados por el cambio climático podrían producir distintos desplazamientos poblacionales, incrementando el riesgo de conflictos violentos al amplificar factores instigadores provocando desempleo, mayor marginación, pobreza y perturbaciones económicas, sobre todo en zonas

litorales que se verán afectadas por el incremento del nivel del mar, las inundaciones y la erosión de las costas.

Asimismo, podría verse en peligro el descenso de cosechas, ocasionando la migración ambiental, en el cual la población debe dejar sus tierras porque éstas han sufrido un deterioro causado por el Cambio Climático y dejan de ser fuentes de recursos tanto alimentarios como económicos (FAO, 2010).

#### **1.2.7.4 Sistemas humanos**

Las condiciones climáticas tienen gran influencia en las enfermedades transmitidas por el agua, por insectos y otros animales de sangre fría. Es probable que los cambios del clima prolonguen las estaciones de transmisión de importantes enfermedades transmitidas por vectores y alteren su distribución geográfica (OMS, 2010).

Por otra parte, las temperaturas altas provocan además un aumento de los niveles de ozono y de otros contaminantes del aire que agravan ciertas enfermedades, las cuales contribuyen a las defunciones por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, sobre todo entre las personas de edad avanzada (López, 1982).

De acuerdo con la OMS (2010) el cambio climático, produce una inestabilidad en el sistema climático que está acostumbrado a cambios más lentos, como consecuencia, incrementa la aparición de fenómenos extremos como las olas de calor o de frío, sequías o lluvias torrenciales, mayor número de huracanes y de tornados, lo cual aumenta la tasa de morbilidad y mortalidad en las zonas más vulnerables.

La variabilidad de las lluvias reducirá probablemente la producción de alimentos básicos en muchas de las regiones más pobres. Ello aumentará la prevalencia de malnutrición, desnutrición y enfermedades diarreicas, cardiorrespiratorias e

infecciosas, que actualmente causan 3,1 millones de defunciones cada año (FAO, 2007).

### **1.2.8 Agricultura y Cambio climático**

El sector agrícola es el más afectado por los cambios en el clima y será cada vez más vulnerable en el futuro. Principalmente los países en desarrollo, quienes ya lidian por mantener su sustento y conservar su alimentación, adaptándose a los impactos para hacer frente a los daños provocados por el cambio climático (Conde, 2006).

#### **1.2.8.1 Importancia de la precipitación en la agricultura**

En algunos casos, la alteración de los patrones climáticos puede resultar beneficioso a la productividad agrícola, ya que ésta se encuentra relacionada con las lluvias porque son el medio que permite que los nutrientes entren al suelo y favorezcan el desarrollo de las plantas beneficiando la producción (SEMARNAT, 2009).

Por otro lado, la lluvia es la principal fuente de agua para aquellas regiones agrícolas donde no disponen de riego y permite la recarga de las fuentes de agua para quienes pueden almacenarla en represas y lagunas. La calidad de los cultivos dependerá de la disponibilidad de lluvia que se presente o incluso se pueden llegar a perderse las cosechas si llueve demasiado (INECC, 2012) puesto que el exceso de lluvias disminuye la calidad de los suelos y produce una saturación hídrica causando daño a los cultivos (Alcaraz, 2015).

#### **1.2.8.2 El papel de la temperatura en la agricultura**

Se estima que los principales efectos derivados de las variaciones en temperaturas y precipitación se encuentran ligados a las alteraciones fisiológicas por exposiciones a temperatura por fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuestas a variadas concentraciones de CO<sub>2</sub> (Watson, et al., 1997).

Con respecto a esto último el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera puede favorecer la producción agrícola, incrementando su biomasa, su productividad y su eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, los niveles elevados de CO<sub>2</sub> también disminuyen la calidad de los cultivos ya que inhibe la transformación de nitrato en proteínas (ver figura 1.9) (Boege & Carranza, 2009).

Figura 1.9 Cambio climático en la agricultura



Fuente: (Boege & Carranza, 2009)

Por otro lado, la extensión del periodo de las estaciones de crecimiento y aumento de la temperatura afecta la agricultura, ya que acelera el metabolismo del cultivo, por lo cual necesitará mayor suministro de insumos, agua y nutrientes para poder mantener su nivel de metabolismo. Los cultivos pueden resistir temperaturas de hasta 40°C, con la adecuada cantidad de agua para seguir transpirando. Sin embargo, si la temperatura se eleva 5°C más es probable que se pierda el cultivo (Alcaraz, 2015).

Por otra parte, a medida que desciende la temperatura el desarrollo de los cultivos es más lento. Si las temperaturas son lo suficientemente bajas como para helar, podría producir un daño severo sobre la superficie del cultivo y su crecimiento se puede detener por uno o dos días después de las heladas (Chorley, 1986).

En la siguiente tabla 1.3 se resumen los posibles efectos positivos y negativos de cambios en el clima para la producción de cultivos:

Tabla 1.3 Efectos para la producción agrícola

Factor de Cambio	Posibles beneficios	Posibles efectos negativos
Aumento de la temperatura	Periodos de crecimiento más largos	Aumento del estrés térmico por temperaturas ambientales
	Periodos de crecimiento más rápidos	Aumento de malas hierbas, plagas y enfermedades
Incremento de las precipitaciones	Aumento de la productividad	Aumento de inundaciones y salinización
	Disminución de la demanda de agua	Disminuye la calidad de los cultivos
	Aumento de las garantías de abastecimiento de agua	Aumento de la erosión
Escasez de las precipitaciones	Incremento en el precio de los cultivos	Aumento de la frecuencia de sequías
Aumento de la concentración de GEI	Incremento de la fertilización por la mayor concentración de CO <sub>2</sub> atmosférico.	Efectos negativos de otros gases

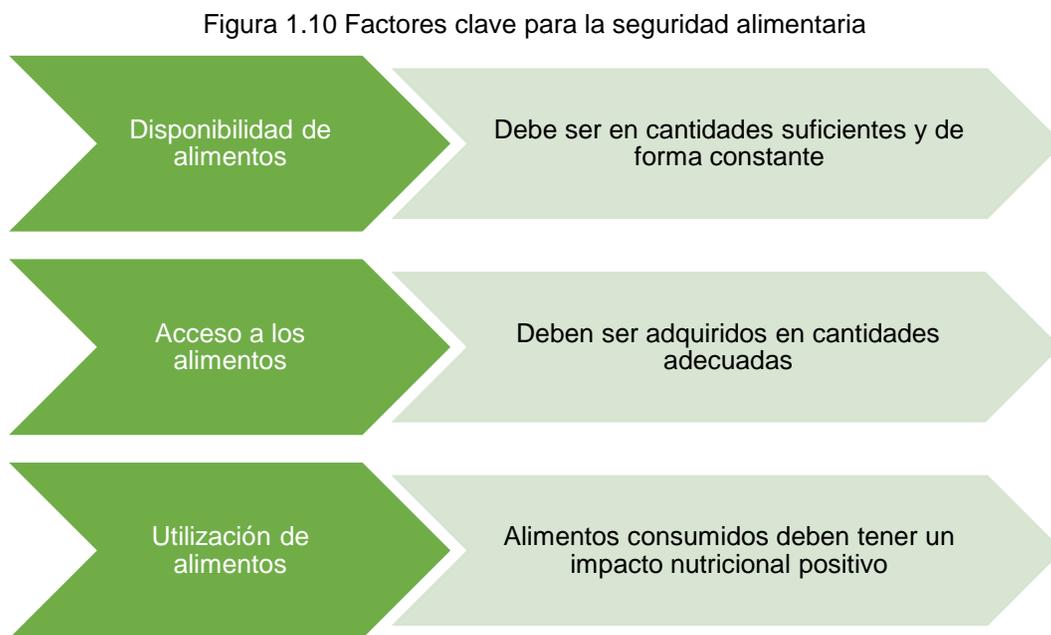
Fuente: Elaboración propia con base en (Iglesias & Medina, 2009)

Como se puede observar en la tabla anterior se prevén diversos efectos tanto positivos como negativos en la producción agrícola, en el cual se espera que con el aumento de temperatura los periodos de crecimiento sean más largos favoreciendo el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, esto influye en el incremento de plagas. Por otra parte, con la variación de las precipitaciones se espera un incremento de la productividad agrícola. En contra parte, si se presentan eventos climáticos extremos se tendría un impacto directo en las actividades económicas productivas para los agricultores.

### 1.2.9 Seguridad alimentaria

El cambio climático a largo plazo, podría afectar a la agricultura en diversas formas, y casi todas son un riesgo para la seguridad alimentaria de las personas más vulnerables del mundo (IPCC, 2007).

De acuerdo con Durand (1972), la seguridad alimentaria, es definida como el acceso constante a suficientes alimentos, inocuos y nutritivos para mantener una vida sana y activa, la cual depende de tres elementos claves que se resumen en la figura 1.10:



Fuente: Elaboración propia con base en (Durand, 1972).

El cambio climático resulta en la pérdida de cosechas, y en una disponibilidad reducida de producción. Además, los eventos climáticos extremos, se hacen más frecuentes e intensos, y amenazan especialmente a las poblaciones más vulnerables, en cuanto a su seguridad alimentaria y medios de vida. Se estima que, al cabo de 2050, un 20% adicional de personas sufrirán de hambre, incluso 1.4 millones nuevos casos de desnutrición infantil en América Latina, debido al cambio climático (Baethgen, 2010).

Según datos FAO (2010), se estima que entre el 2006 y el 2016, 23% de los daños y pérdidas causados por los desastres de mediana y alta intensidad en países de desarrollo afectaron al sector agrícola, y que el 80% de los daños y pérdidas relacionados a eventos de sequía se concentraron en este sector.

Las variaciones climáticas afectan tanto a la producción, transformación, distribución y consumo de alimentos. La calidad de estos parámetros disminuye cuando los sistemas alimentarios se estresan. Las consecuencias en la seguridad de los alimentos son importantes (O'Brien & Leichenko, 2000).

La capacidad de los pueblos de producir suficientes alimentos para consumo propio depende en gran medida del clima, la temperatura, luz y agua. Las fluctuaciones a corto y largo plazo del clima, tendrá repercusiones extremas en la producción agrícola, y la reducción del rendimiento de las cosechas obligaría a los agricultores a utilizar nuevas prácticas agrícolas en respuesta a la modificación de las condiciones (SEMARNAT, 2009)

#### **1.2.9.1 Agricultura para mitigar el cambio climático**

La agricultura tiene una doble relación con el cambio climático. Por una parte, está claramente afectada por él, principalmente por el incremento de la temperatura y la disminución de la precipitación; y por otra, también contribuye al fenómeno, puesto que el 14% de las emisiones globales antropogénicas de GEI proviene de este sector (SEMARNAT, 2012).

Las emisiones de origen agrícola se generan principalmente en procesos de agricultura intensiva, por el uso de fertilizantes nitrogenados y el consumo de combustibles fósiles. Sin embargo, la agricultura puede contribuir a reducir las emisiones de GEI, así como su impacto, mediante la introducción de cambios en las prácticas agrícolas, especialmente de la agricultura convencional y ganando eficiencia tanto en la fertilización de los cultivos como en el uso de los combustibles, el manejo del suelo orgánico y la agricultura de conservación (IPCC, 2007).

### 1.2.10 Adaptación al cambio climático

De acuerdo con el IPCC (2008), la adaptación, es definida como el ajuste de los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, así como sus impactos, los cuales reducen el daño causado y que potencia las oportunidades benéficas.

La misma organización años más tarde redefine el concepto de adaptación incluyendo aspectos como “medidas necesarias para enfrentar las posibles consecuencias negativas y aprovechar los cambios positivos sobre los recursos naturales” (IPCC, 2013).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2012), se distinguen varios tipos de adaptación (figura 1.11):

Figura 1.11 Tipos de adaptación



Fuente: Elaboración propia con base en (INECC, 2012)

Como se puede observar en la figura 1.11 existen diferentes tipos de adaptación al cambio climático, cabe resaltar la adaptación autónoma donde las comunidades han tenido que desarrollar estrategias propias de la agricultura ecológica a través de los conocimientos tradicionales para disminuir los impactos en el sector económico y evitar la pérdida de los cultivos.

Por lo tanto, los agricultores deberán adaptarse al cambio climático, modificando los aspectos de sus sistemas de producción para seguir produciendo alimentos bajo nuevas condiciones climáticas y evitar poner en riesgo la autosuficiencia alimentaria (Ayllón, 2003).

Autores como Niggli (2008) y Nelson (2009) coinciden en que las prácticas agrícolas tienen que modificarse para transitar hacia una actividad más resiliente ante la variabilidad climática. De manera adicional Niggli señala que estas prácticas tendrán que encaminarse hacia un incremento en la salud de los suelos, la capacidad de retención de agua y el secuestro de carbono, ya que ayudan a reducir el uso de fertilizantes sintéticos basados en nitrógeno, el cual es el mayor reto de mitigación para los sistemas agrícolas industriales.

En el mismo sentido, el IPCC (2013), considera diversas medidas de adaptación al cambio climático para el sector agrícola (figura 1.12):

Figura 1.12 Medidas de adaptación agrícola



Fuente: Elaboración propia con base en (IPCC, 2013).

En la figura 1.12 se proyectan algunas medidas de adaptación al cambio climático por parte de la agricultura para conservar su capacidad productiva y reducir pérdidas en sus cosechas mediante la instalación de sistemas de riego que facilitan al agricultor compensar el déficit de precipitaciones y los suministros necesarios para el crecimiento de los cultivos lo cual los vuelve independiente de las temporadas de lluvias. Asimismo, otra forma de adaptación que normalmente es utilizada es el sistema de control de plagas químicas y biológicas que disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha o llega a incrementar los costos de producción.

### **1.2.11 Vulnerabilidad al cambio climático**

Para el IPCC (2008) la vulnerabilidad es definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático, particularmente, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos.

La vulnerabilidad dependerá de la magnitud y de la rapidez del cambio climático al que se encuentre expuesto un sistema, así como de su sensibilidad y capacidad de adaptación. Por lo tanto, es la propensión o predisposición a verse afectado negativamente ante la presencia de fenómenos meteorológicos o climáticos (INECC, 2012).

De acuerdo con el INECC (2012) se considera que la vulnerabilidad está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa (ver figura 1.13).

#### **a) Exposición**

Se refiere al tipo, grado, o naturaleza a la que un sistema se encuentra expuesto a las diversas variaciones climáticas. El análisis de cambio climático se encuentra relacionado con los cambios del comportamiento de la precipitación, temperatura y eventos extremos.

## **b) Sensibilidad**

Se considera al grado en que un sistema resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático. Los efectos pueden ser directos (cambio en el rendimiento de los cultivos en respuesta a una variación de la temperatura media, de los intervalos de temperaturas o de la variabilidad de la temperatura) o indirectos (daños causados por una mayor frecuencia de inundaciones costeras por haber aumentado el nivel del mar).

## **c) Impacto Potencial**

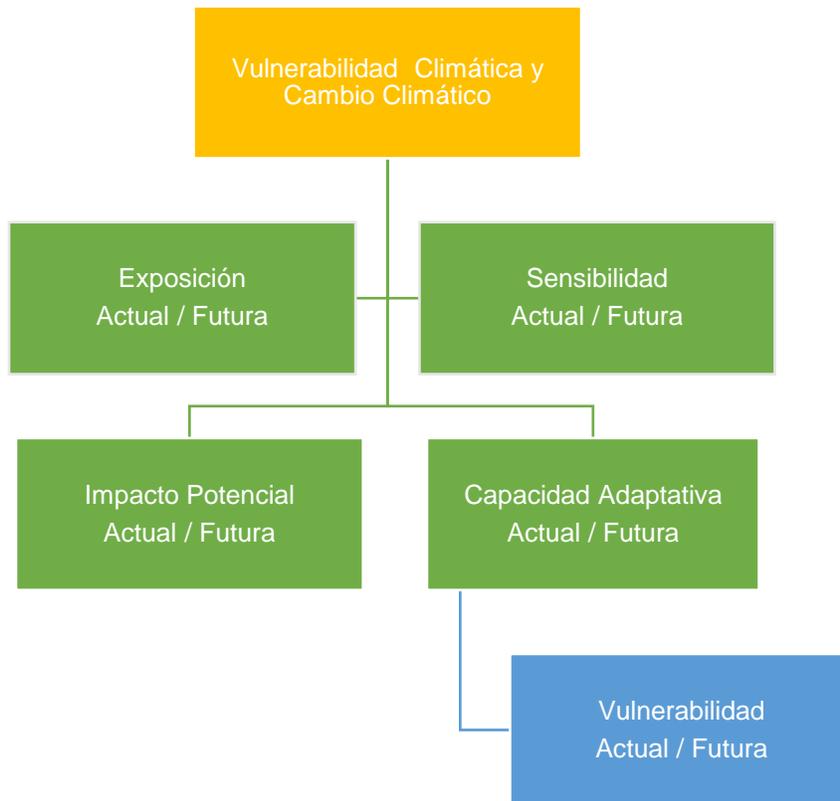
Es considerado como el impacto del cambio climático en regiones que se encuentran en zonas de riesgo previamente determinadas y en sectores prioritarios en la zona de estudio.

## **d) Capacidad adaptativa**

Son las capacidades, recursos e instituciones, en diferentes niveles de análisis, que permitan detonar procesos de adaptación, acompañadas del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas, en función de las problemáticas detectadas.

En la figura 1.13 se muestra un resumen de los componentes de la vulnerabilidad actual y futura al cambio climático:

Figura 1.13 Componentes de la vulnerabilidad actual y futura



Fuente: Elaboración propia con base en (INECC, 2012)

La incapacidad de afrontar los efectos negativos del cambio climático implica exponer a grupos poblacionales a riesgos y peligros de diferente índole. Por lo tanto, la gestión efectiva del riesgo a los efectos del cambio climático implica generalmente una cartera de acciones para reducir éste y responder a los eventos y desastres, en lugar de un enfoque único en cualquier acción o un solo tipo de acción. Estos enfoques integrados son más eficaces cuando son informados e incorporados a las circunstancias locales (IPCC, 2007).

En México, la agricultura se vuelve vulnerable, más del 67% de las unidades de producción han reportado pérdidas por cuestiones climáticas y más del 30% reporta pérdidas por falta de fertilidad en sus suelos y las zonas rurales, son las principales afectadas porque no están preparadas ante los cambios de temperatura y precipitación (Nicholls, 2009).

### **1.2.12 Resiliencia al cambio climático**

La resiliencia se define como la capacidad de los individuos o comunidades para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse frente a perturbaciones en su entorno, siendo un concepto fundamental para enfrentar un clima variable y cambiante, dando oportunidad a las comunidades de ofrecerles herramientas para su preservación y mejorar sus condiciones (SAGARPA, 2012).

Se considera también la resiliencia social, como la capacidad de grupos o comunidades a adaptarse frente a elementos extremos, sean estos sociales, políticos o ambientales, deben ir de la mano con la resiliencia ecológica (SEMARNAT, 2010).

Por otra parte, los agroecosistemas que son ecosistemas que han sido alterados por el hombre para el desarrollo de una explotación agropecuaria (FAO, 2007), se consideran resilientes si son capaces de seguir produciendo alimentos a pesar del gran desafío de eventos extremos, ya sea una severa sequía o una tormenta.

Simultáneamente, será necesario la implementación de prácticas agroecológicas para estabilizar los agroecosistemas incluyendo diversificación de cultivos, conservación y manejo orgánico de suelos, cosecha de aguas lluvia y restauración de tierras degradadas. La idea es lograr diseñar agroecosistemas rodeados de un paisaje más complejo, con sistemas productivos diversificados y suelos cubiertos y ricos en materia orgánica, pues estos serán más resilientes (Alcaraz, 2015).

En el caso del sector agrícola, los agricultores tradicionales poseen lecciones importantes de resiliencia para los agricultores modernos y diversos expertos han sugerido que el rescate de los sistemas tradicionales de manejo, en combinación con el uso de estrategias agroecológicas, puede representar la única ruta viable y sólida para incrementar la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de la producción agrícola (Boege & Carranza, 2009).

Para poder proteger los sistemas de vida de los agricultores de una zona determinada es necesario identificar los factores que incrementan el riesgo, pero más importante es incrementar la resiliencia de sus sistemas productivos (FAO, 2007).

En algunas zonas, se ha implementado la diversidad de cultivos ya que crea resistencia y proporciona un seguro necesario frente a un clima impredecible, a la vez que contribuye al control de plagas y enfermedades. El policultivo, incluyendo el policultivo tradicional en la milpa con el maíz, frijol y calabaza, puede proporcionar otros beneficios como la conservación de la humedad del suelo a través de la sombra proporcionada por las hojas de las calabazas (Boege & Carranza, 2009).

**CAPÍTULO 2**

**MARCO**

**CONTEXTUAL**

Este capítulo tiene como objetivo describir las características topográficas, socioeconómicas y naturales de la zona de estudio, con la finalidad de reunir un contexto para poder analizar y comprender el comportamiento de la precipitación y la temperatura, a través de la estación meteorológica San Francisco Putla.

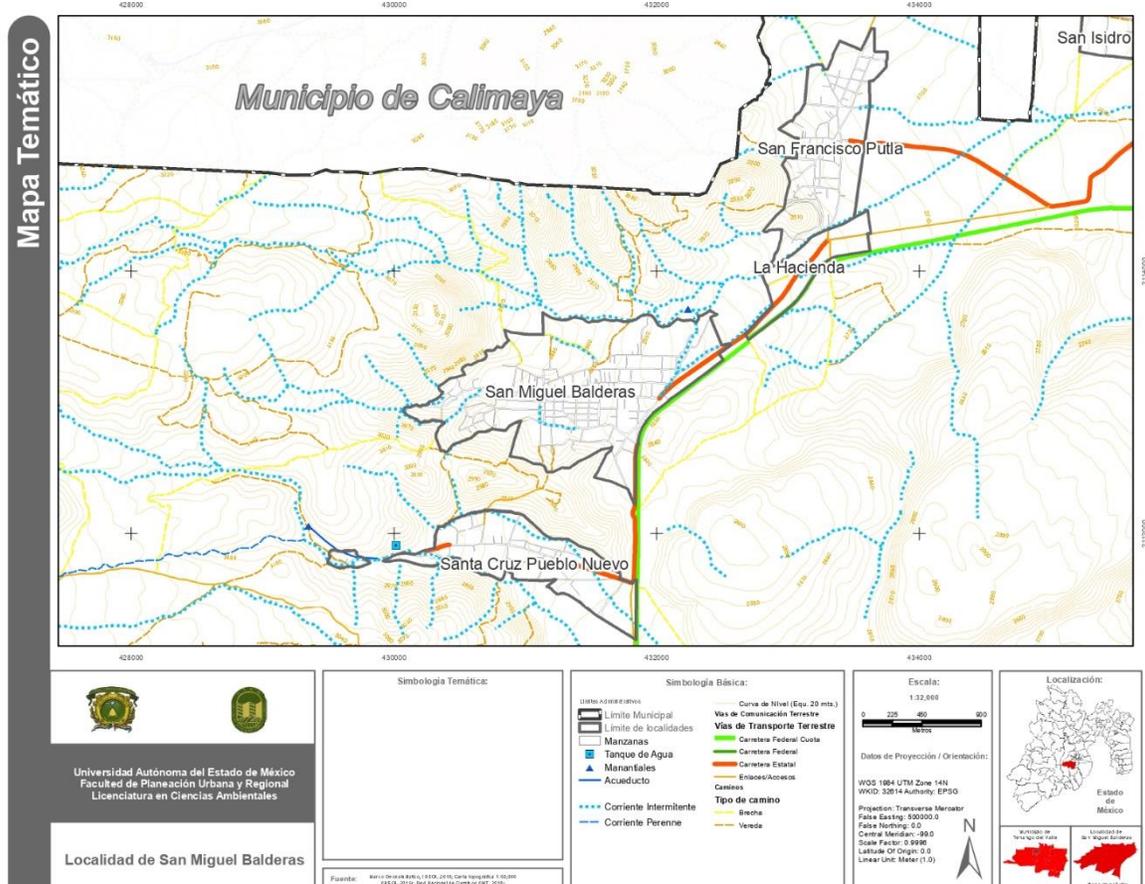
Este capítulo se integra por dos partes, en el primero se encuentran la localización, actividades económicas, clima, vegetación de la zona de estudio y la segunda contiene el análisis de las características más importantes que serán argumentados a lo largo de la tesis.

## 2.1 Localización

San Miguel Balderas se localiza geográficamente al oeste del Municipio de Tenango del Valle, en el Estado de México, su altura media es de 2852 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas corresponden a los 19° 06´ 28´ para latitud Norte y los 99° 39´ 11´ longitud Oeste, como se puede observar en la figura 2.1 (SEMARNAT, 2010).

San Miguel Balderas está conformado por cinco colonias, las cuales abarcan una superficie de 1.76km<sup>2</sup>, que corresponde al 6.24% del territorio municipal, siendo la séptima localidad con mayor extensión territorial (SMN, 2007).

Figura 2.1 Mapa de San Miguel Balderas, Tenango del Valle



Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2018).

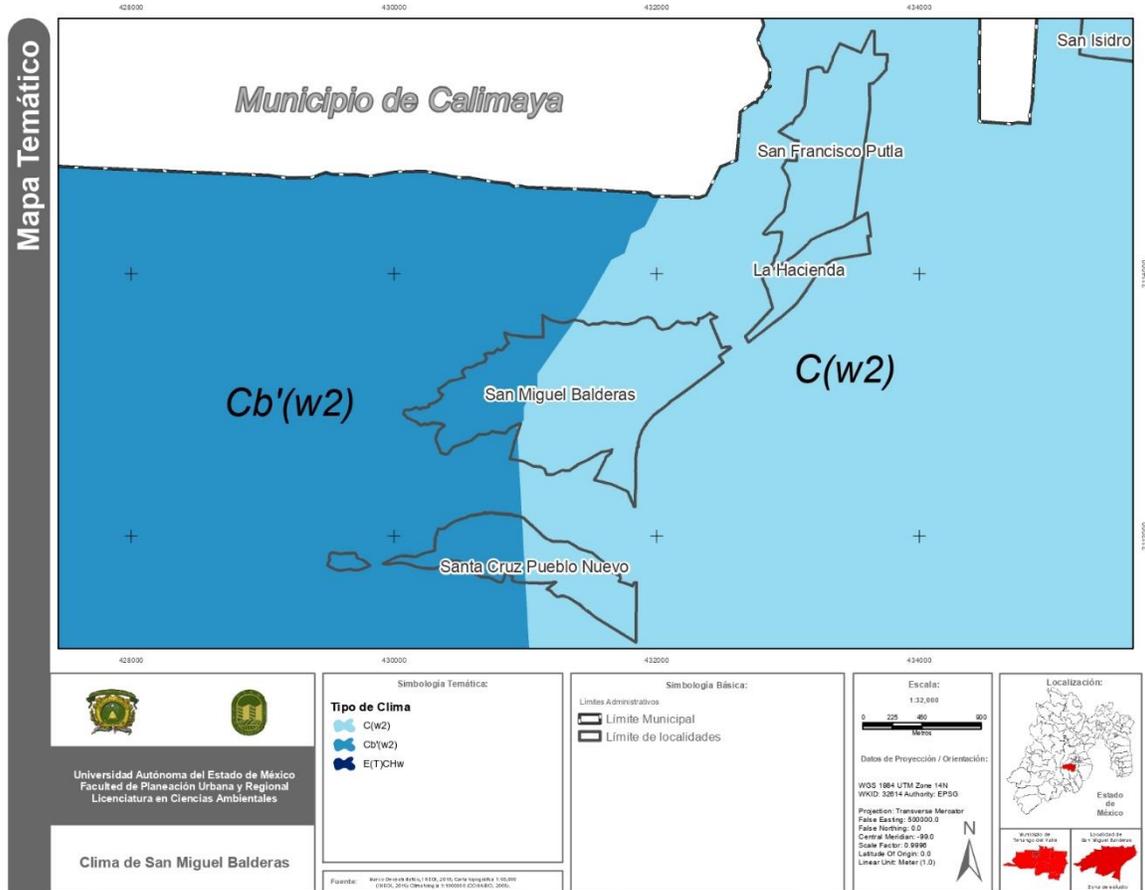
## 2.2 Clima

De acuerdo con CONAGUA, (2010) derivado de la cercanía con la que se encuentra con el volcán Nevado de Toluca, ésta pertenece al clima templado subhúmedo. Según el sistema de clasificación climática de Köppen, modificada por Enriqueta García, se presentan dos tipos de clima: en primer lugar, se encuentra el Cb'(w)2, lo que corresponde a un clima semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, con una temperatura media anual entre 5°C y 12°C, la temperatura del mes más frío se encuentra entre -3°C y 18°C, la temperatura del mes más caliente está por debajo de los 22°C. Con una precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

En segundo lugar y siendo el clima predominante para la zona de estudio es el templado C(w2), lo que corresponde a un clima subhúmedo, con una temperatura media anual de 11.6°C, la temperatura del mes más frío corresponde a enero con -0.4 °C y la temperatura del mes más cálido, es marzo con 24.6°C.

Respecto a la precipitación, el mes más seco es marzo con 48.1 mm y el mes más húmedo es septiembre con 311.1 mm y una precipitación total anual de 873.8 mm. (Figura 2.2).

Figura 2.2 Mapa de tipo de clima de San Miguel Balderas



Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2010).

## 2.2.1 Meteorología

En la zona de estudio influenciada por la EMSFP, se presentan tres periodos climatológicos debido a la regularidad del tiempo atmosférico, las cuales se presentan a continuación:

- **Periodo cálido**

Comprende los meses de marzo a mayo, donde se presenta un aumento de temperatura hasta llegar a los 22° C, siendo la temperatura máxima promedio mensual (TMAPM) durante este periodo. La precipitación pluvial es poco significativa en comparación con los meses siguientes (SMA, 2007).

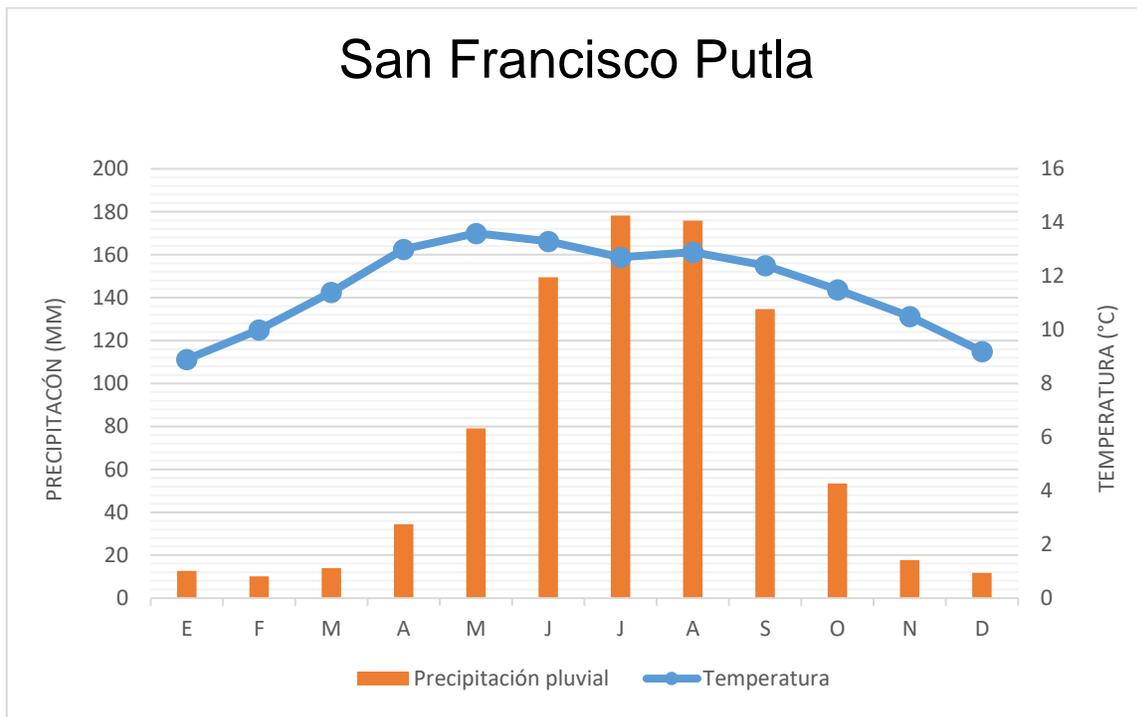
- **Periodo frío**

Se presenta, con la temperatura media mensual (TMM) más baja durante el año, comprende los meses de diciembre a febrero con un rango de entre -2°C y 14° C, se encuentra relacionado con heladas y temperaturas bajo cero presentadas de forma ocasional (CONAGUA, 2010).

- **Periodo de lluvias**

Se caracteriza por la presencia de precipitaciones con un rango de entre 220 a 310 milímetros, en los meses de junio a septiembre. Además, existe una disminución de la temperatura manteniéndose de 13.6°C a 18.9°C, considerando a enero como el mes más frío (SMA, 2007).

Figura 2.3 Climograma de la zona de influencia de la EMSFP.



Fuente: Elaboración propia con base en estaciones meteorológicas (CONAGUA, 2010).

## 2.3 Población total

Las colonias comprendidas dentro de la localidad de San Miguel Balderas y su zona de influencia corresponden al Centro, los Cedros, la Fábrica, el Rincón y la Hacienda, dichas colonias han tenido un crecimiento paulatino a través de los años y agrupan una población total de 4,866 habitantes, como se puede ver en la tabla 2.1 (INEGI, 2010).

Tabla 2.1 Crecimiento de la localidad San Miguel Balderas

Localidad	Población			
	1990	1995	2000	2010
San Miguel Balderas	2,980	3,582	4,152	4,866

Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2010).

## 2.4 Condiciones económicas

De acuerdo con INEGI (2010) la Población económicamente inactiva (PEI) representa el 37.3% de la población, mientras que la Población económicamente activa<sup>1</sup> (PEA), abarca el 33.82% de la población. La localidad de San Miguel Balderas concentra la mayor cantidad de población ocupada<sup>2</sup> (PO), representando en términos generales el 32.40% de la población total. También cuenta con el menor número de habitantes desocupados únicamente con el 1.41% de la población como se puede observar en la tabla 2.2.

<sup>1</sup> La PEA es aquella que tiene una ocupación o que sin tenerla la están buscando activamente. Está compuesta por la población ocupada y la población desocupada (SAGARPA, 2012).

<sup>2</sup> La PO es el conjunto de personas que tiene por lo menos una ocupación, es decir que en la semana de referencia ha trabajado como mínimo una hora. Está forma parte de la PEA (INEGI, 2010).

Tabla 2.2 Población económicamente activa e inactiva, ocupada y desocupada de la localidad San Miguel Balderas

Localidad	Población				
	Total	PEA	PEI	PO	PD
<b>San Miguel Balderas</b>	4,866	1646	1816	1577	69

Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2010).

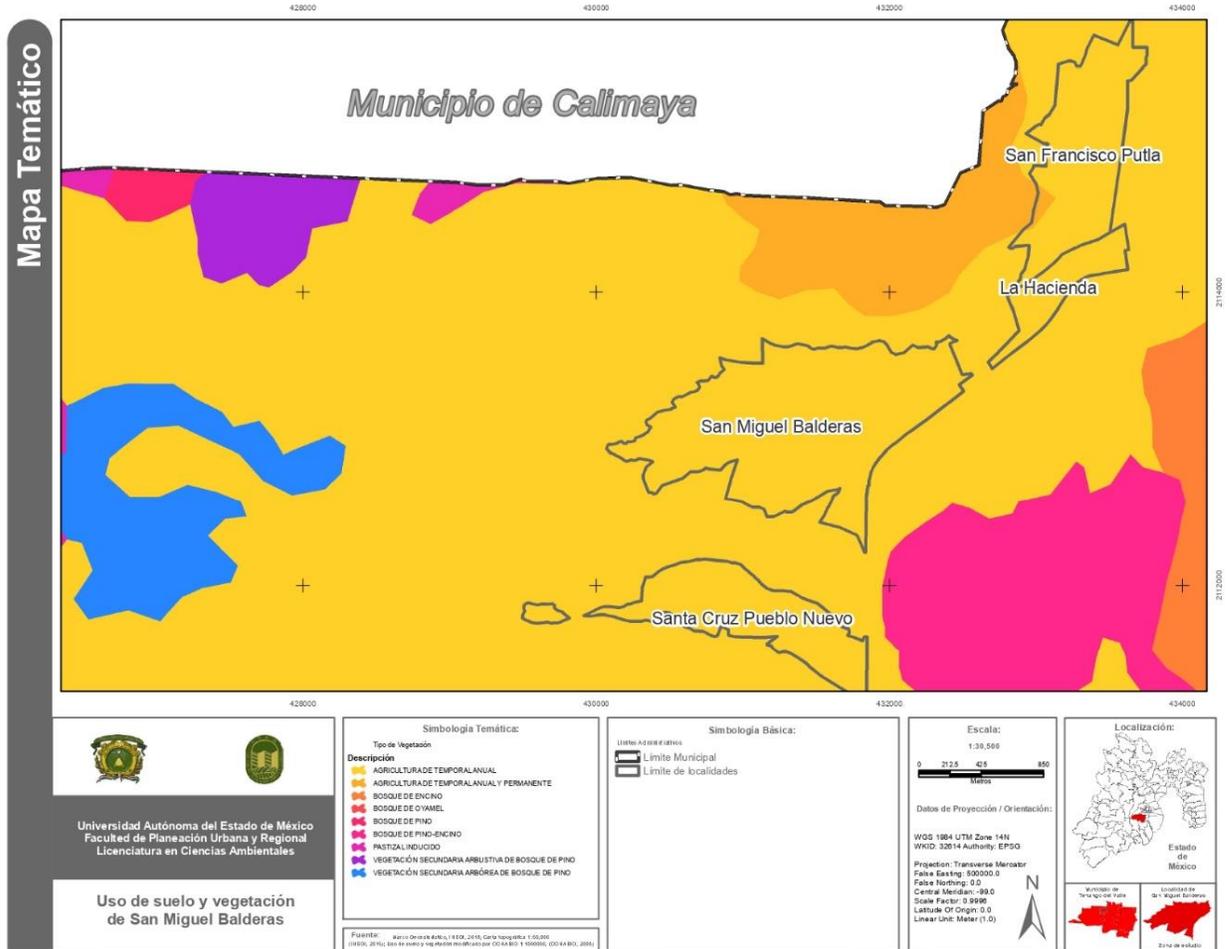
## 2.5 Actividades productivas y Uso de Suelo

La zona de estudio, ha tenido un incremento paulatino de las actividades terciarias, sin embargo, no han logrado desplazar a las actividades primarias ya que éstas aún predominan en gran medida en la localidad. La cercanía al volcán lo vuelve un pueblo con tierras de excelente calidad para la siembra de papa y maíz, así como de otras hortalizas (INEGI, 2010).

Las actividades agrícolas, comerciales y de servicios que se presentan en la zona de influencia de la estación San Francisco Putla, tienen efectos ambientales, considerables debido a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, provenientes de la agricultura, fertilizantes, cambios de uso de suelos, quema de residuos agrícolas y deforestación, los cuales contribuyen a la variación climática por la ausencia de un sistema de administración ambiental (SEMARNAT, 2009).

Como se puede observar en la figura siguiente el total de la superficie se encuentra destinada a la producción agrícola donde se siembra en condiciones de temporal, es decir, están sujetas a las condiciones climáticas. (ver figura 2.4)

Figura 2.4 Mapa de uso de suelo de San Miguel Balderas.



Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2018).

# **CAPÍTULO 3**

## **RESULTADOS Y**

### **OBSERVACIONES**

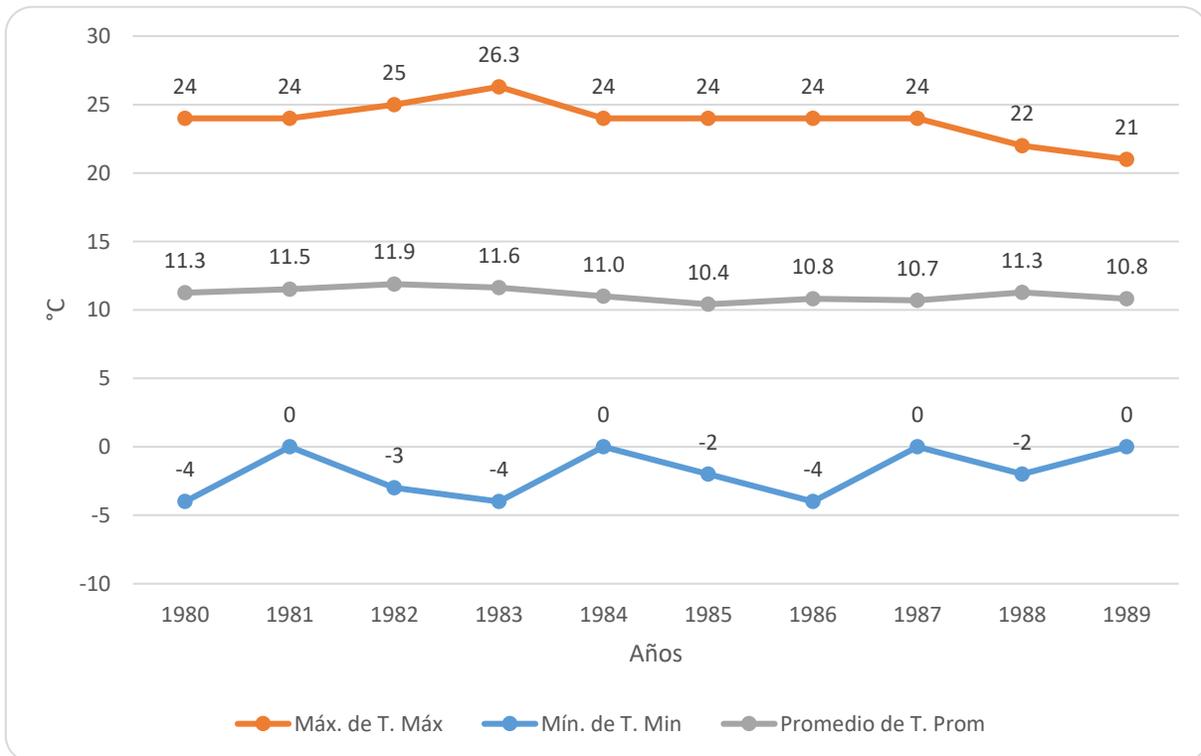
### **3.1 Comportamiento de la temperatura y de la precipitación en la estación meteorológica San Francisco Putla, periodo 1980 a 2016**

En el siguiente apartado por medio de gráficas, se analizan los registros de la temperatura máxima promedio anual (TMAPA), temperatura media anual (TMA), temperatura mínima promedio anual (TMIPA) y precipitación total anual (PTA), de 1980 al 2016, en la estación meteorológica de San Francisco Putla. Cabe destacar que el análisis de la información se realizó por década, para poder observar cambios significativos que pudieran presentarse a lo largo de las décadas y entre éstas.

### 3.1.1 Comportamiento de la temperatura durante el periodo 1980-1989

De acuerdo a los registros de la estación meteorológica de San Francisco Putla, para el periodo 1980 – 1989 la temperatura media anual (TMA) registró el valor mínimo (10.4°C) en 1985 y el valor máximo en el año 1982, con 11.9°C. La temperatura mínima promedio anual registró los valores mínimos (-4°C) en tres años 1980, 1983 y 1986. Cabe resaltar que los valores más altos sólo alcanzan los 0°C en este periodo. El mayor valor de la temperatura máxima promedio anual se registró en 1983, con 26.3°C. Respecto a los datos en su conjunto, es importante destacar que la TMAPA se mantuvo constante durante este periodo, sin embargo, se observa una disminución de este valor en los últimos dos años de la década. Por el contrario, las TMIPA tuvieron un comportamiento muy errático, y sin una tendencia clara (Gráfica 3.1).

Gráfica 3.1 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 1980 - 1989

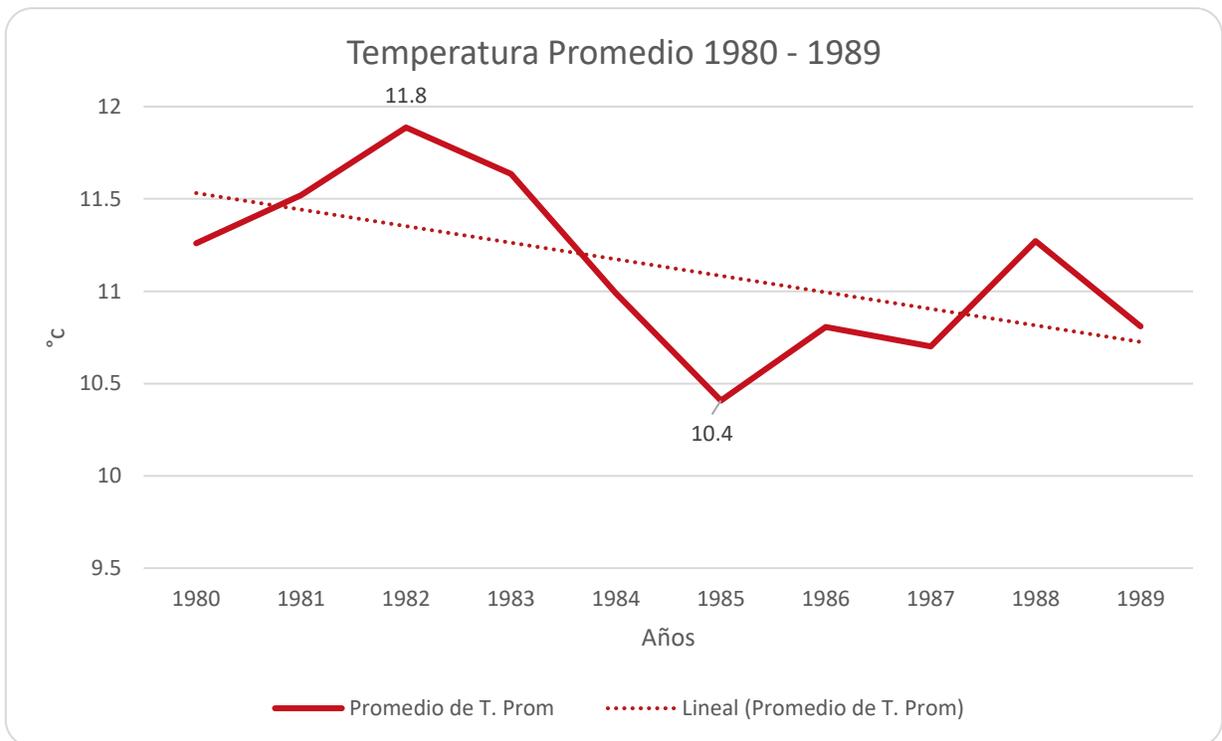


Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.2 Variabilidad de la TMA durante el periodo 1980 – 1989

Para esta década se registró una oscilación de 1.4°C. Se puede observar que, aunque de manera general la TMA presenta un comportamiento estable, se identifica una línea de tendencia a la baja (Gráfica 3.2).

Gráfica 3.2 Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 1980 - 1989

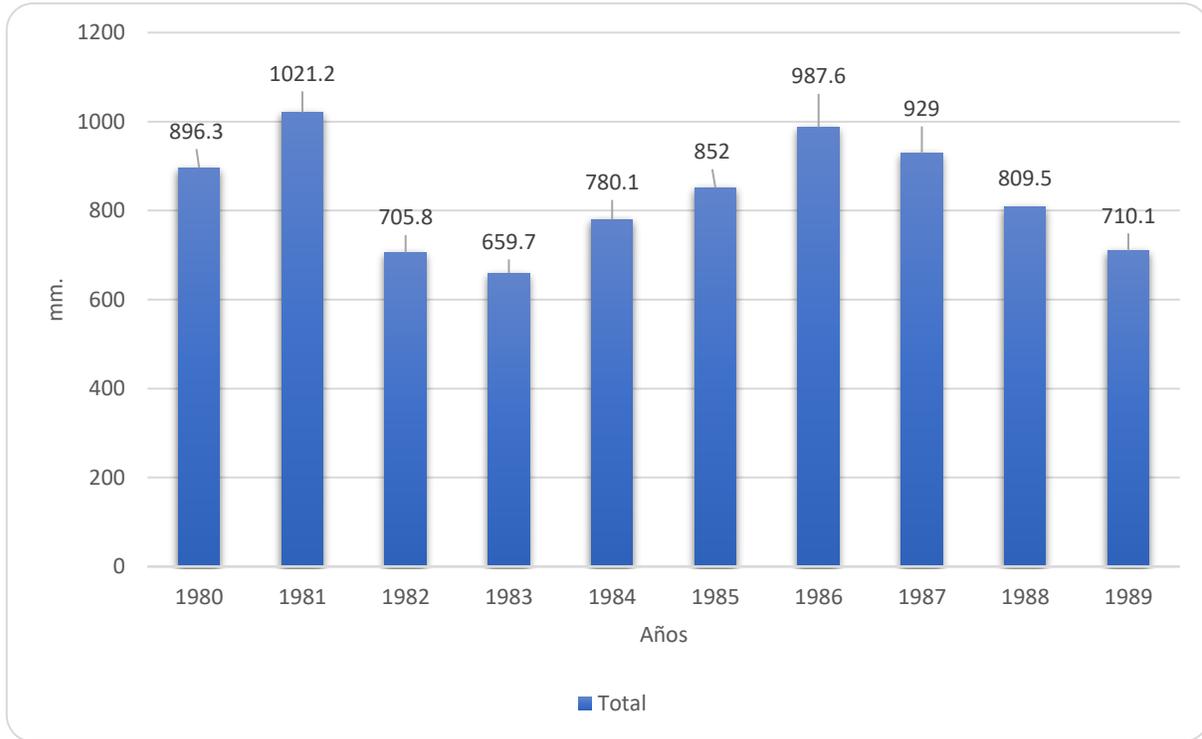


Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.3 Comportamiento de la precipitación durante el periodo 1980 – 1989

A lo largo del periodo las precipitaciones son constantes, el mayor valor para la PTA se registró en 1981 con 1021.2 mm y los menores en 1983 (659.7 mm), 1982 (705.8 mm) y 1989 (710.1 mm), (Gráfica 3.3).

Gráfica 3.3. Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 1980 - 1989



Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

Al examinar de manera conjunta los datos de temperatura y precipitación para la década de 1980 a 1989, se puede concluir que en el año de 1983 se caracterizó por tener los valores extremos, para la TMIPA y la PTA se presentaron sus valores mínimos, pero por el contrario la mayor temperatura en las TMAPA.

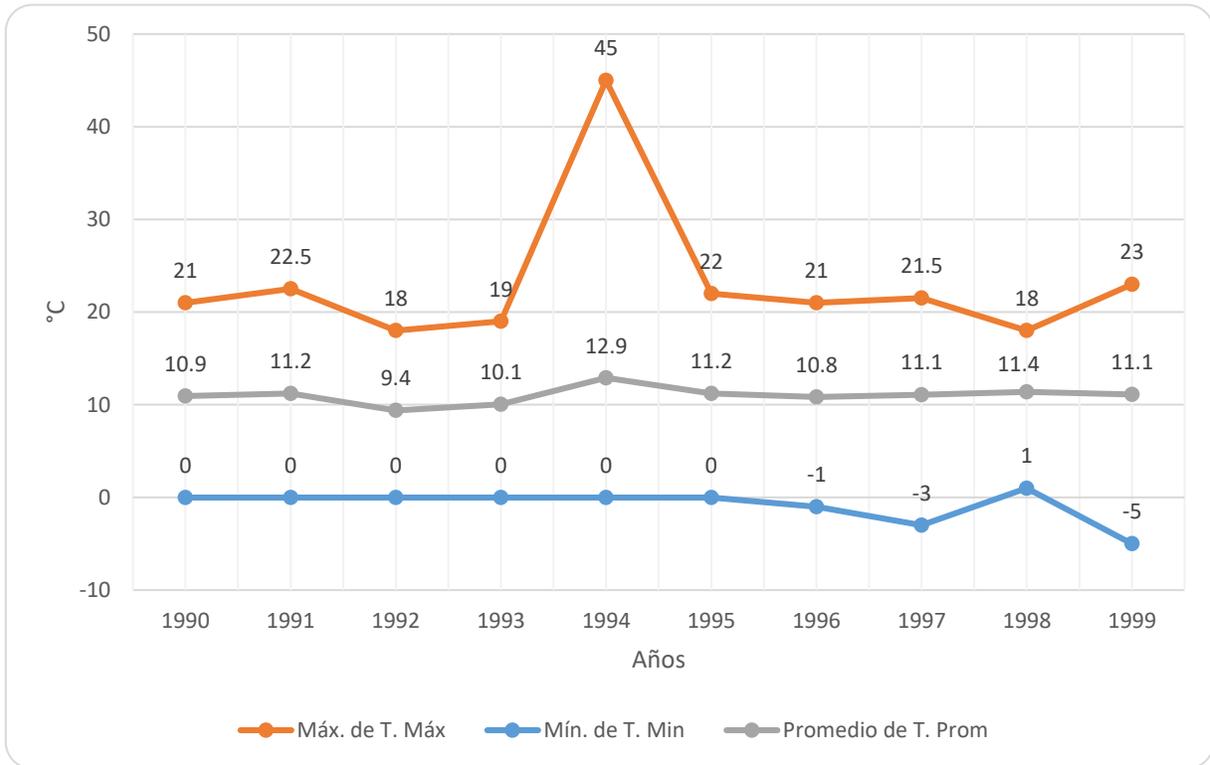
### 3.1.4 Comportamiento de la temperatura durante el periodo 1990 – 1999

Para el periodo 1990 – 1999, la TMIPA más alta corresponde a 1998 con 1°C y la más baja a 1999 con una temperatura de -5°C. Tal como se observa en la figura la TMA y la TMIPA, presentan un comportamiento muy homogéneo.

En cuanto a la TMAPA destaca el año 1994, presentando un valor extremo de 45°C registrado en la estación, en este sentido se observa que dicho valor no corresponde

con los patrones y la tendencia que tiene el área de estudio por lo cual para propósitos del procesamiento de información se descartó. Por lo tanto, el valor más alto para esta década se consideró 23°C correspondiente a 1999, (Gráfica 3.4).

Gráfica 3.4 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 1990 - 1999



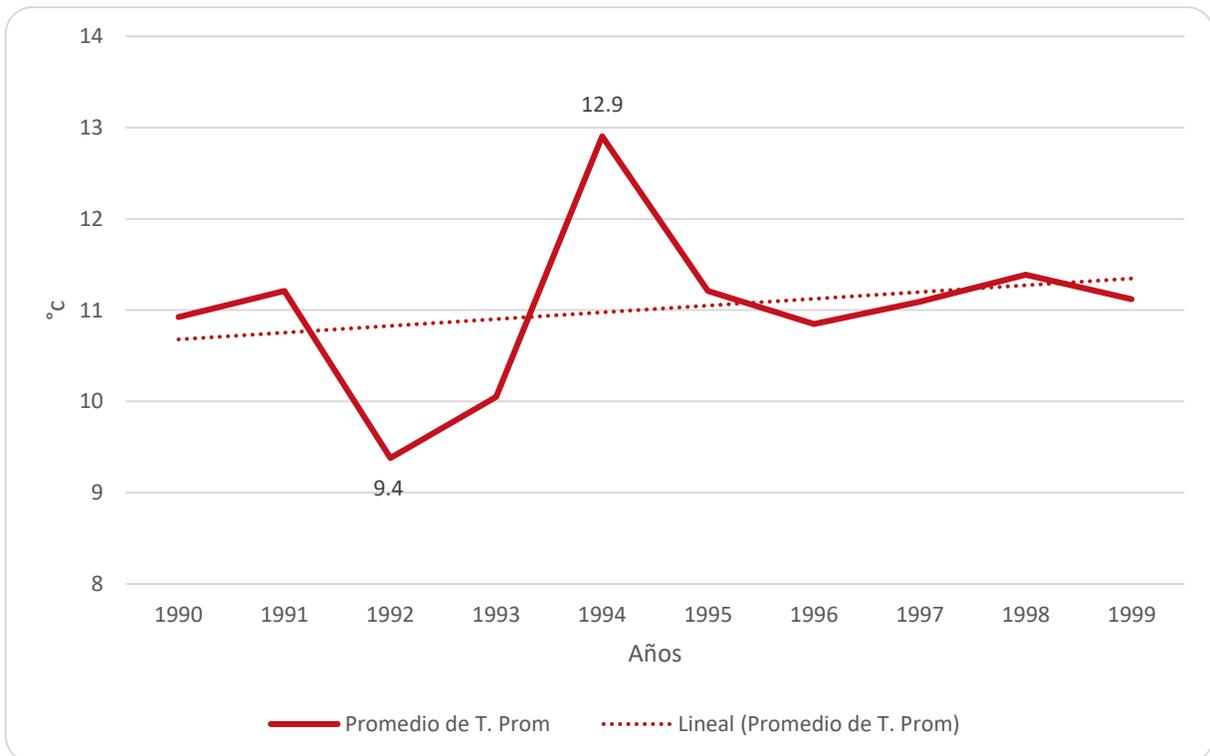
Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

Al comparar los datos de la temperatura máxima anual se aprecia que entre la década anterior (1980-1989) y este periodo (1990-1999) existe una oscilación de temperatura de 3.16°C, se puede apreciar un descenso significativo en esta variable. La misma situación se presenta en la TMA y TMIPA, en donde los valores más altos varían hasta por un grado centígrado para esta década (Ver gráfica 3.1 y 3.4).

### 3.1.5 Variabilidad de la TMA durante el periodo 1990 – 1999

Para este periodo se registró una oscilación de 3.5°C en la TMA. Por otra parte, se observa un comportamiento estable para esta década con una línea de tendencia ascendente hacia el final del periodo, (Gráfica 3.5).

Gráfica 3.5. Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 1990 - 1999



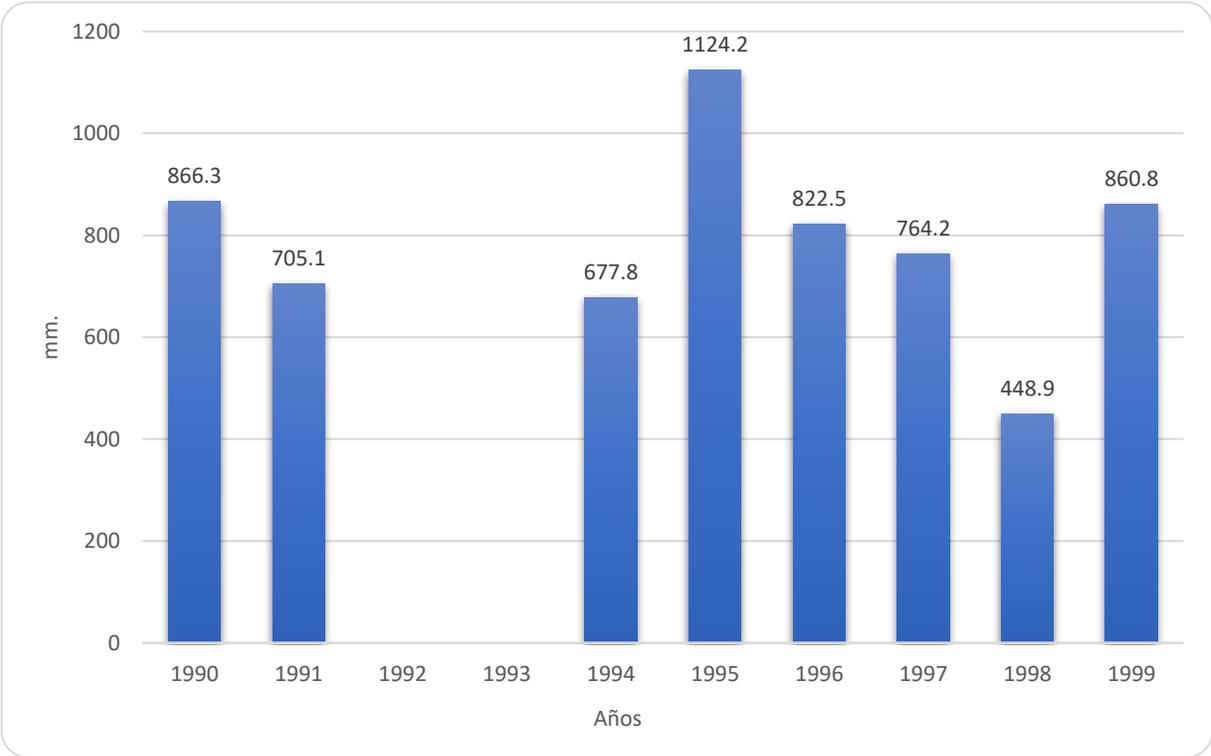
Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.6 Comportamiento de la precipitación durante la década de 1990 – 1999

Para esta década hay información faltante para los años 1992 y 1993, considerándose únicamente ocho años para el análisis. Sin embargo, la PTA más baja se observa en 1998 con un valor de 448.9 mm, y el valor más alto se registró en el año 1995 con 1124.2 mm (Gráfica 3.6). De acuerdo con la Agencia Estatal de

Meteorología (AEMET, 2010), el año de 1998 es considerado el más seco desde los últimos 50 años, afectando los cultivos que dependen de la agricultura de temporal, lo cual coincide con el año más seco a nivel local.

Gráfica 3.6. Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 1990 - 1999



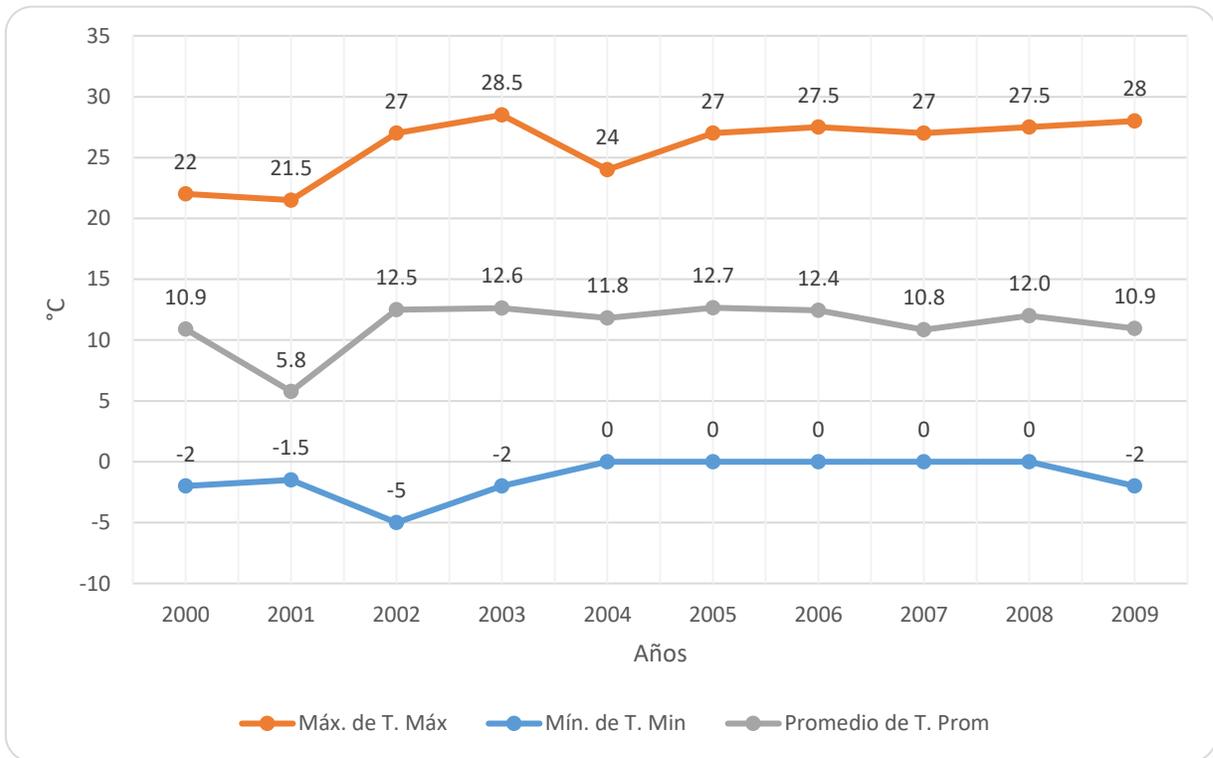
Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.7 Comportamiento de la temperatura durante la década de 2000 – 2009

Para el periodo 2000 - 2009, la TMAPA más significativa es de 28.5°C correspondiente al año 2003. Por otra parte, el valor máximo para la TMIPA fue de 0°C en cinco años consecutivos de 2004 hasta el 2008, sin embargo, el valor más bajo registrado es -5°C, en el año 2002.

Para este periodo se puede observar el incremento de la TMAPA y la TMA, en el año 2002, así como el descenso de la TMIPA para el mismo año (Gráfica 3.7).

Gráfica 3.7. Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 2000 - 2009

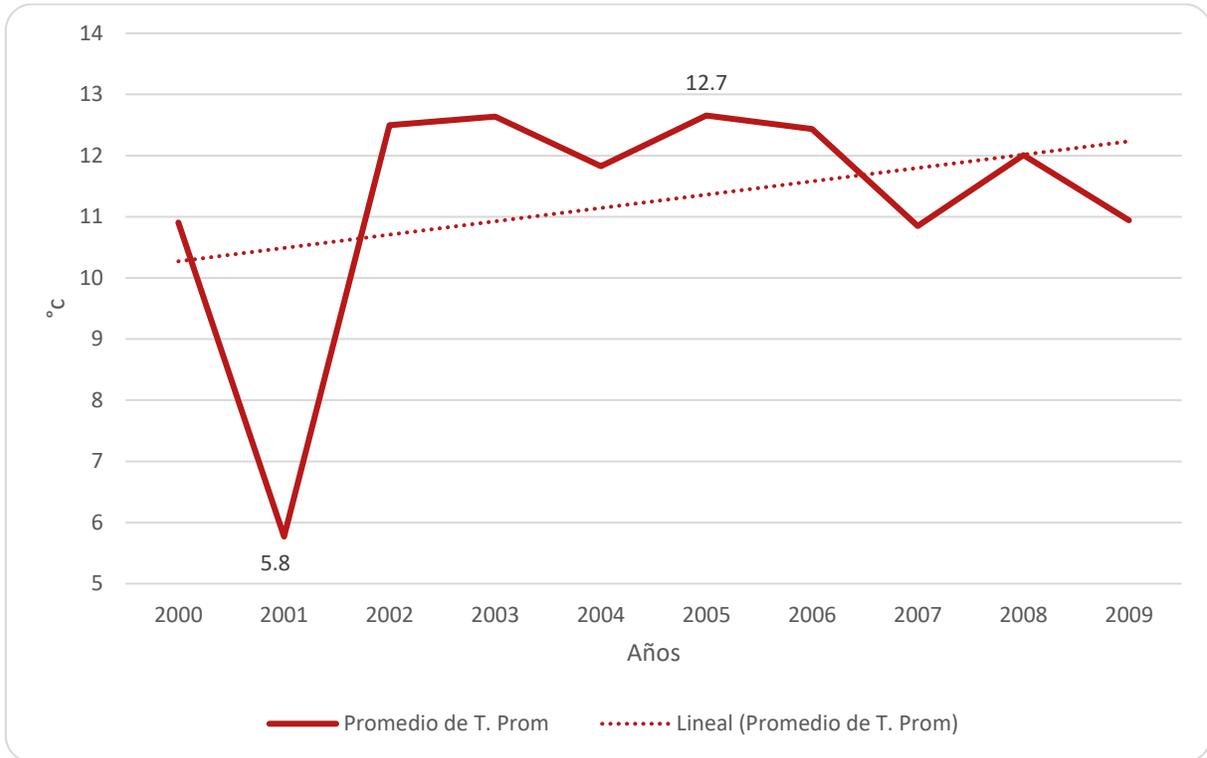


Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.8 Variabilidad de la TMA durante la década de 2000 – 2009

Para la TMA se observa una línea de tendencia ascendente para este periodo, donde los valores extremos para la TMA se presentan en el año 2001 y 2005, con una oscilación de temperatura de 6.9°C.

Gráfica 3.8. Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 2000 - 2009



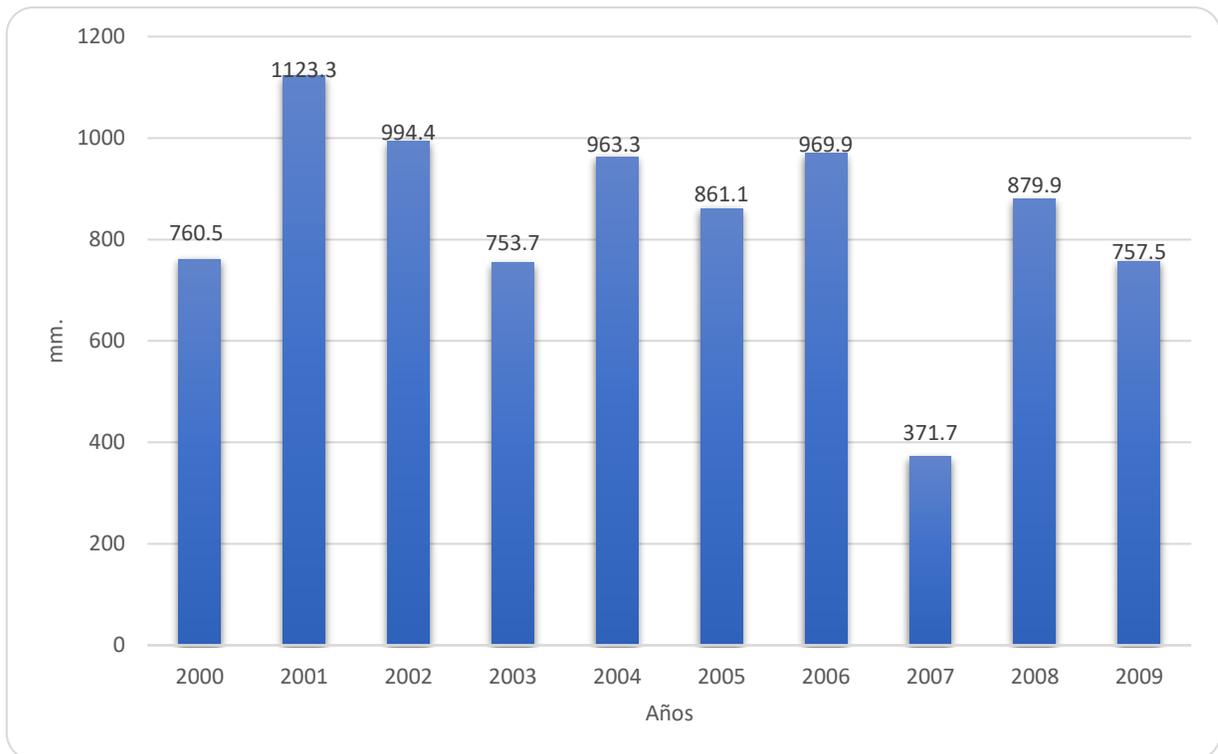
Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.9 Comportamiento de la precipitación durante la década de 2000 – 2009

La PTA durante la década fue cambiante, no existe un patrón de comportamiento. La precipitación oscila en 751.6mm, Se tienen registros sobre el fenómeno de El Niño<sup>3</sup> en el año 2007 que fue clasificado de intensidad leve, con un valor INO de 1.0, produciendo durante la primera campaña agrícola de este año grandes sequías en México (FAO, 2015) se puede observar un gran cambio durante la década para esta variable, con respecto a los años anteriores.

<sup>3</sup> Un episodio de El Niño está definido por un alto Índice de El Niño Oceánico (INO), que se basa en las alteraciones en la temperatura de la superficie del mar, provocando cambios en los patrones de vientos y precipitaciones (CONAGUA, 2017)

Gráfica 3.9. Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 2000 - 2009

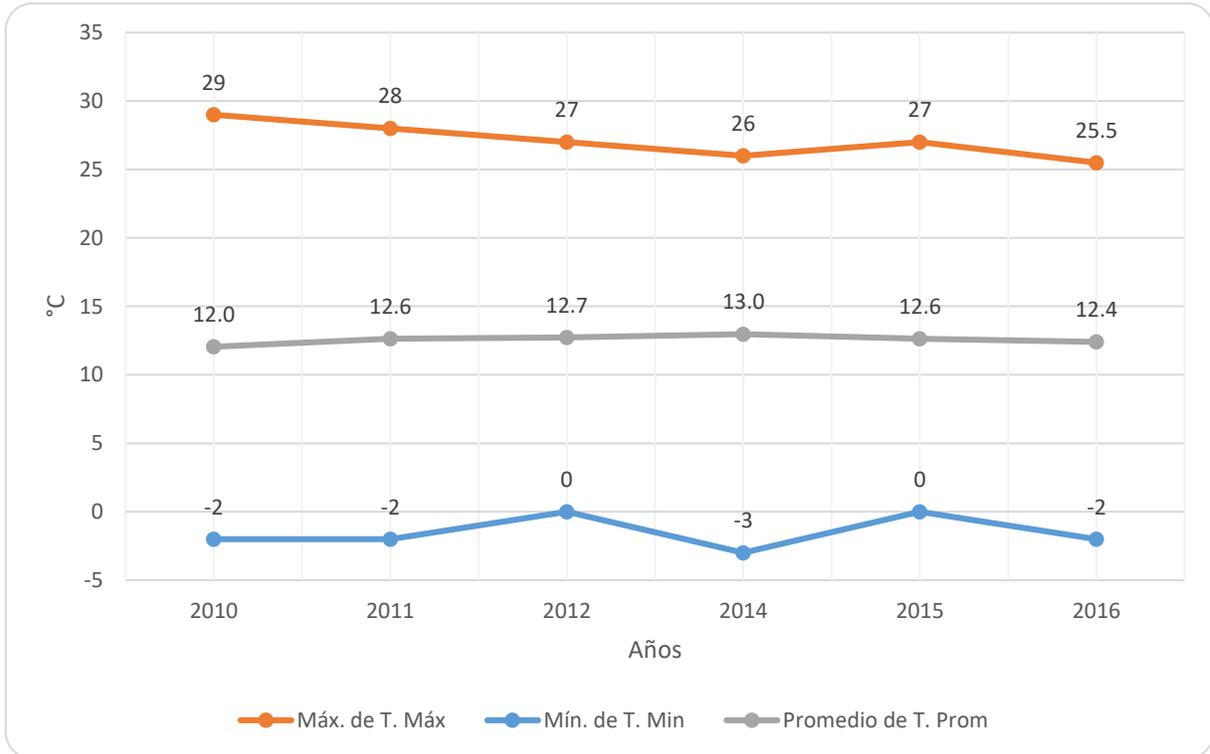


Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.10 Comportamiento de la temperatura durante la década de 2010 – 2016

Este periodo (2010-2016) no conforma una década, sin embargo, se consideró, para observar el comportamiento de las variables hasta la actualidad. La TMAPA se expresó con mayor magnitud en el 2010 como el año más cálido, ascendiendo a 29°C y la TMIPA presentó su registro más bajo en 2014, con -3°C.

Gráfica 3.10 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 2010 - 2016

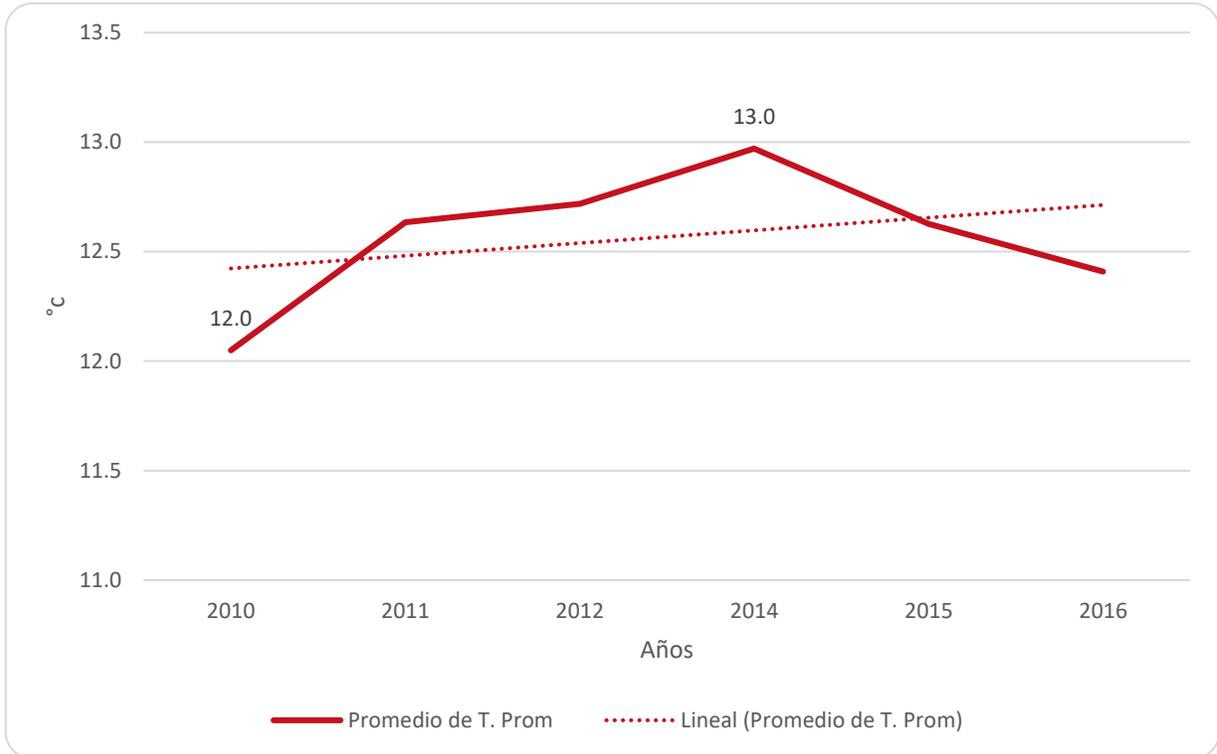


Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.11 Variabilidad de la TMA durante la década de 2010 – 2016

Como se observa en la gráfica 5.11, la TMA presenta un comportamiento muy homogéneo con una diferencia de un grado centígrado a lo largo del periodo 2010-2016, destacando el año 2010 con la TMA más baja (12°C) y el año 2014 con el valor más alto (13°C).

Gráfica 3.11 Variabilidad de la TMA en la EMSFP. Periodo: 2010 - 2016

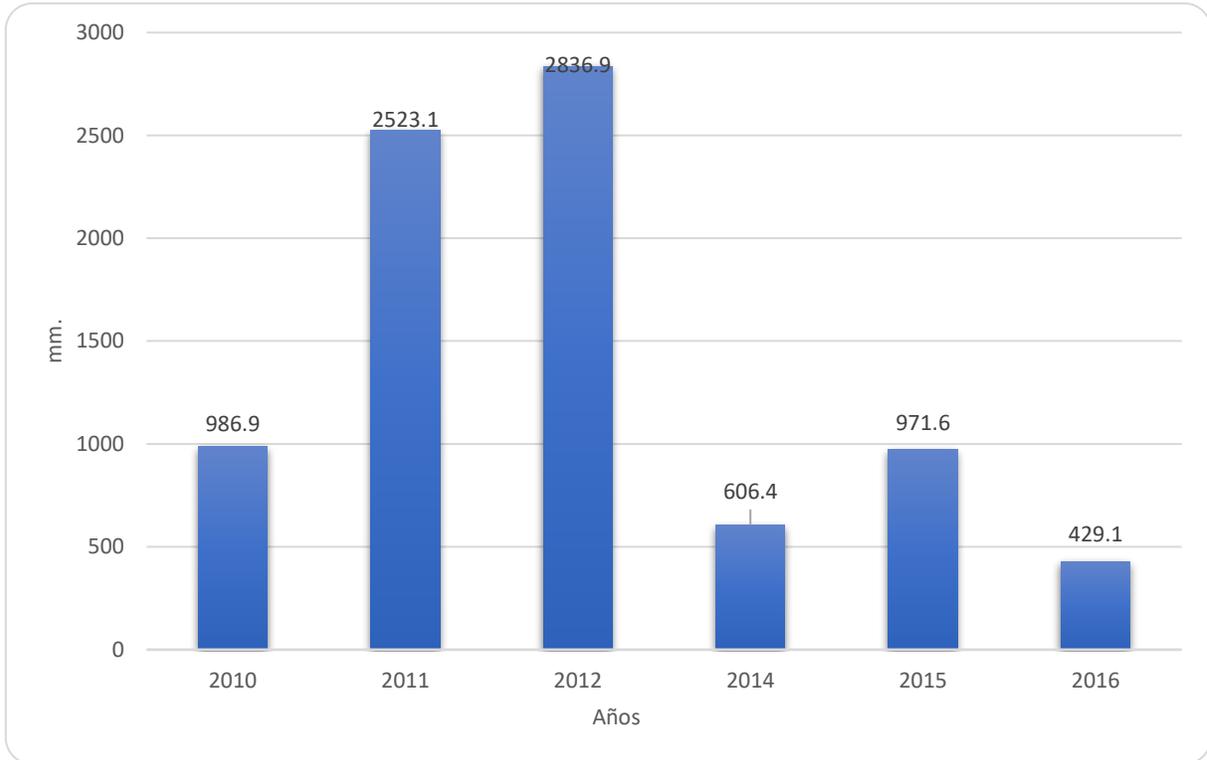


Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.12 Comportamiento de la precipitación durante la década de 2010 – 2016

Las lluvias fueron más abundantes con respecto a las décadas anteriores. Los años más lluviosos se registraron en 2012, con 2836.9 mm y 2011, con 2523.1 mm. (Los valores más altos en la estación). En tanto que, los menos lluviosos fueron los años 2016 y 2015 con 429.1 mm y 606.4 mm respectivamente (Gráfica 3.12).

Gráfica 3.12 Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 2010 - 2016



Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

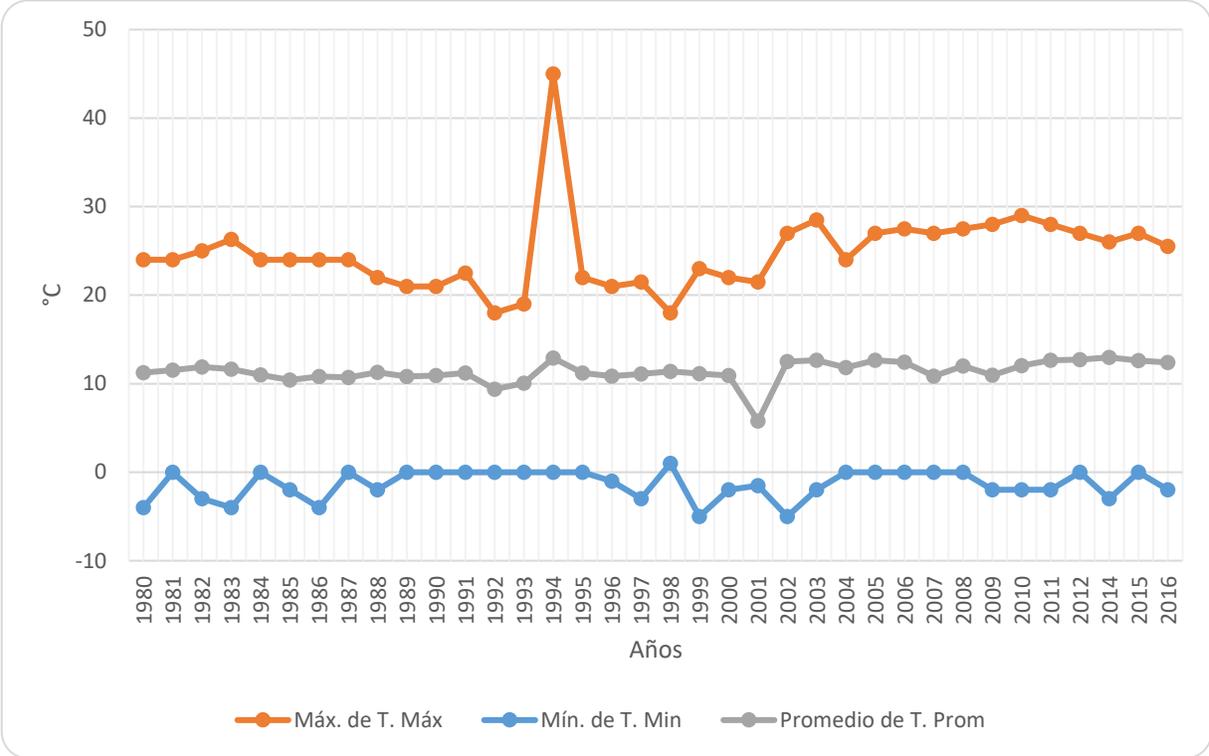
### 3.1.13 Análisis del comportamiento de la temperatura durante el periodo de 1980 – 2016

En la gráfica 3.13 se observa que la TMAPA no tiene un comportamiento homogéneo, al inicio del periodo incrementa hasta 1983, posteriormente baja gradualmente hasta el año de 1992, aparentemente en el año de 1994 hay un ascenso importante de temperatura pero es el valor que se encuentra fuera de los parámetros, por lo cual se tomó con reserva. A partir del año 2001 incrementa la temperatura por arriba de los 25°C, con un descenso de temperatura hacia el último año del periodo.

En tanto para las TMIPA se puede apreciar claramente un comportamiento inestable, al inicio del periodo el comportamiento es heterogéneo, con un

incremento y descenso de temperatura hasta 1989, posteriormente se mantiene estable hasta el año de 1996. A partir de este año se presenta un decremento de temperatura, registrando las temperaturas más bajas durante los años 1999 y 2002 para todo el periodo (-5°), para el 2004 vuelve a estabilizarse con un descenso de temperatura hacia el último año del periodo.

Gráfica 3.13 Comportamiento de la temperatura en la EMSFP. Periodo: 1980 - 2016



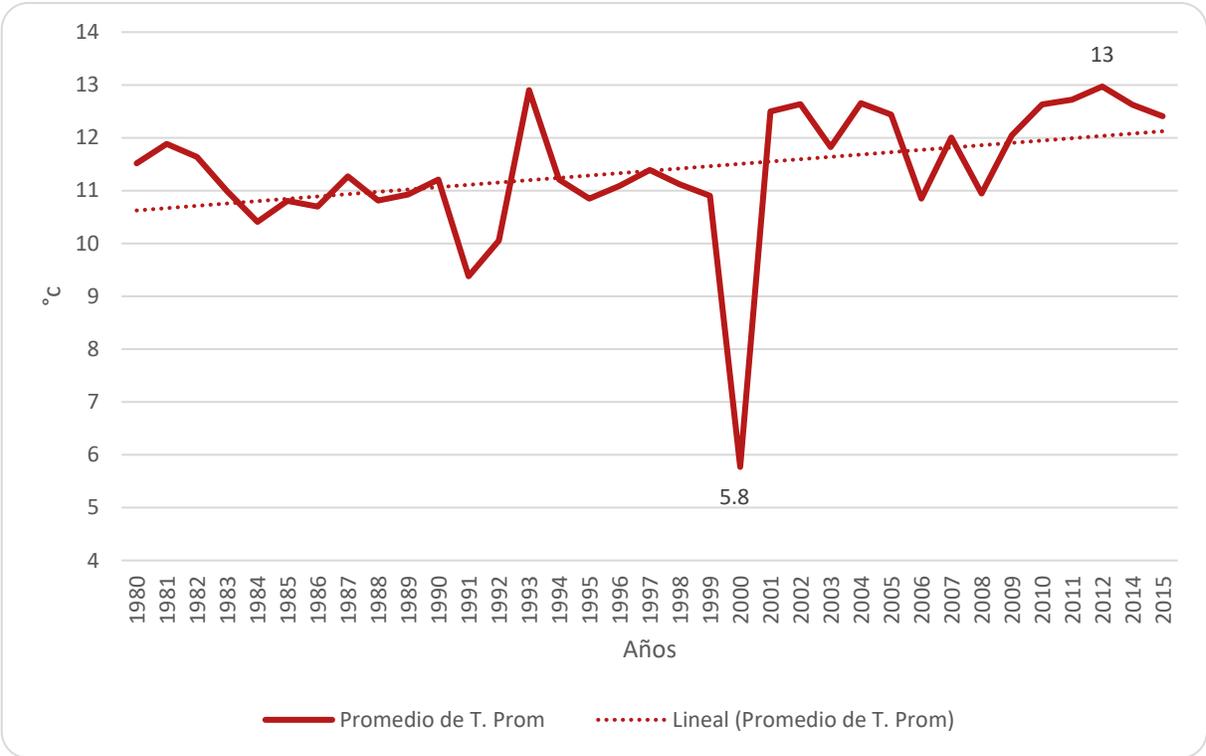
Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

**3.1.14 Análisis de la variabilidad de la TMA durante el periodo de 1980 – 2016**

La variación de la TMA muestra un comportamiento relativamente estable de 1980 a 1998, disminuyendo considerablemente para el año 2002, cayendo a temperaturas de 5.8°C, a partir de este descenso las temperaturas comienzan a subir y se despegan de la media hacia el final del periodo.

Se observa una línea de tendencia ascendente para este periodo, donde los valores extremos para la TMA se presentan en el año 2001 y 2014, con una oscilación de temperatura de 7.2°C.

Gráfica 3.14 Comportamiento de la TMA en la EMSFP. Periodo: 1980 - 2016



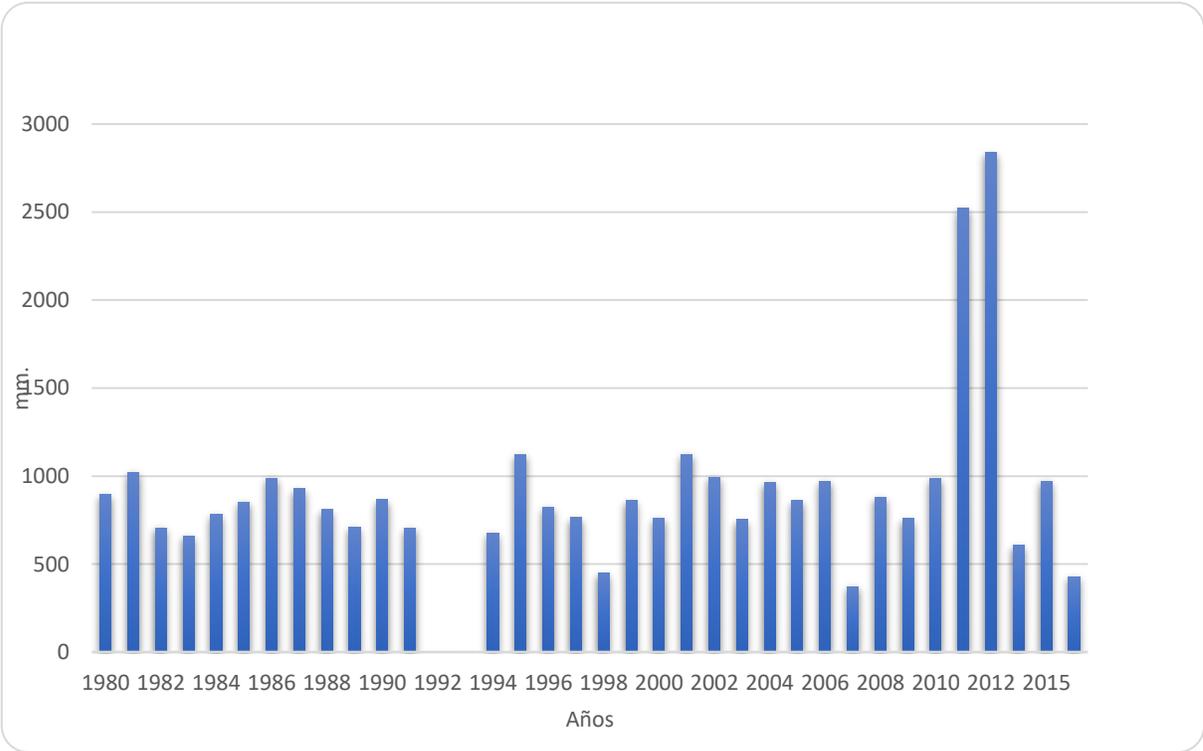
Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

**3.1.15 Análisis de la variabilidad de la precipitación durante el periodo de 1980 – 2016**

En la siguiente figura, se puede observar que no existe un patrón de comportamiento en cuanto a los registros de precipitación, al inicio del periodo se muestra un incremento (1982 – 1986) y posteriormente un descenso gradual hasta 1991, durante este periodo no se cuenta con la información para los años 1992 y 1993.

A partir de este año se presenta un periodo de inestabilidad hasta el año 2007, donde se registra la menor precipitación para este periodo. Sin embargo, los años más lluviosos durante el periodo registrado son 2011 y 2012, excediendo los 2500 mm, hacia el último año del periodo se observa un descenso de precipitación.

Gráfica 3.15 Comportamiento de la precipitación en la EMSFP. Periodo: 1980 - 2016



Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

### 3.1.16 Comportamiento de los registros meteorológicos para el periodo cálido en los años 2000 - 2016

A continuación, se muestran los registros meteorológicos de las temperaturas máximas para el periodo cálido que comprende los meses de marzo a mayo del área de estudio para el periodo 2000-2016. Únicamente se consideran las últimas dos décadas ya que son las que corresponden a la transición de cultivo de maíz a papa que actualmente se produce.

Para este periodo se pretendía analizar ambos periodos cálido y frío, sin embargo, para el periodo frío que comprende los meses de diciembre a febrero no se cultiva dentro de la localidad, por lo tanto, no es considerado.

La TMA para el periodo cálido se considera un máximo de 22°C, para el caso del periodo frío la temperatura mínima se considera de -2°C (SMN, 2010).

En la tabla 3.1 se puede observar las temperaturas óptimas para poder alcanzar un alto rendimiento en el cultivo de la papa y el maíz:

Tabla 3.1 Requerimientos de temperatura para la papa y el maíz

Cultivo	Papa	Maíz
<b>Temperatura Máxima (TMAX)</b>	30°C	33°C
<b>Temperatura Óptima (TO)</b>	18°C – 20°C	19°C – 28°C
<b>Temperatura Mínima (TMIN)</b>	10°C	10°C

Fuente: Elaboración propia con base en FAO, 2015.

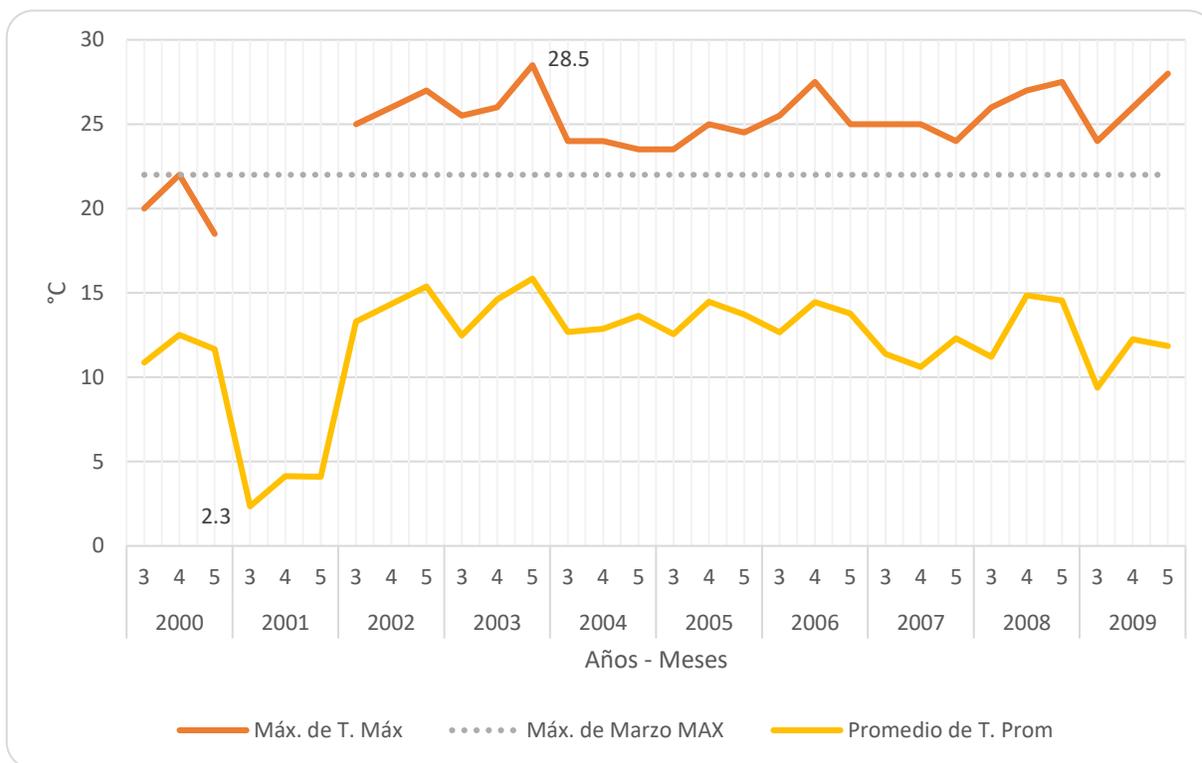
### **3.1.17 Comportamiento de los registros meteorológicos para el periodo cálido en los años 2000 – 2009**

Para este periodo existe información faltante, correspondiente al año de 2001, considerándose únicamente nueve años. Claramente se puede observar que, a partir del año 2002, existe un incremento en ambos casos de la temperatura durante el periodo. En el año 2003 la TMAPA registró su valor máximo en el mes de mayo, excediendo la temperatura en 6.5°C de acuerdo con los valores máximos para la zona de estudio.

De acuerdo con la figura 3.16, se puede observar que para este periodo, en el caso de la papa no se cumple con la temperatura óptima para su producción, debido a que los valores de la TMA se registraron por debajo de los 18°C, sin embargo, para los años de 2001 y 2009 la papa se ve afectada en cuanto rendimiento y calidad por el descenso de temperatura que se encuentra por debajo de los 10°C, temperatura mínima que este cultivo puede tolerar. Por otra parte, los valores máximos sobrepasan los 20°C que es el valor requerido para su óptima producción en la zona de estudio, llegando casi al límite de la temperatura máxima aceptada para este cultivo.

En el caso de maíz, se puede observar que las temperaturas medias obtenidas para este periodo se mantienen por debajo de los 19°C, por lo tanto, tampoco se cumplen con las temperaturas óptimas para la producción de maíz, y en el año 2003 la temperatura excedió por 0.5°C su valor óptimo. Aparentemente se observa un descenso de temperatura en el año 2001 por debajo de los 10°C, pero esto se debe por la falta de información durante estos meses para dicho periodo.

Gráfica 3.16 Comportamiento de la temperatura para el periodo cálido en la EMSFP.  
Periodo: 2000 - 2009



Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

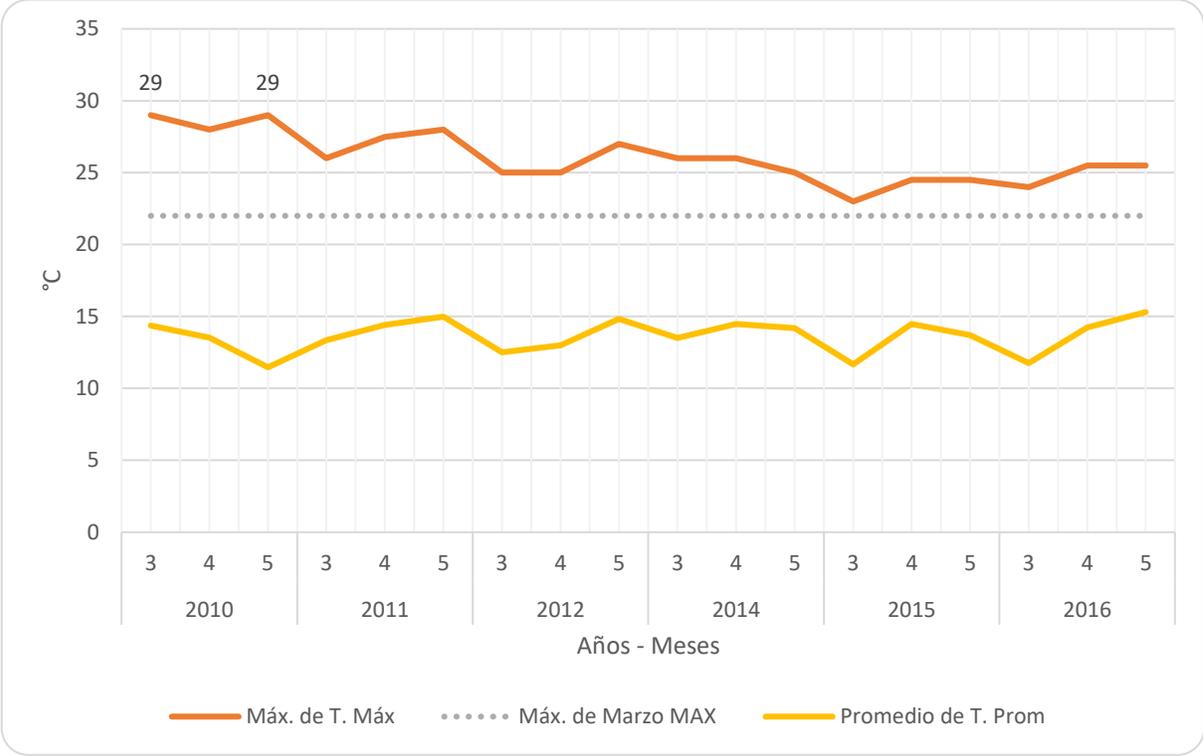
### 3.1.18 Comportamiento de los registros meteorológicos para el periodo cálido en los años 2010 - 2016

De acuerdo con la gráfica 3.17 se puede observar que, para este periodo, en el caso de la papa no se cumple con la temperatura óptima, debido a que la temperatura media se encuentra por debajo de los valores óptimos (18°C), disminuyendo la calidad de su producción, sin embargo, se mantienen en los límites máximos de temperatura máxima requerida, tal es el caso del año 2010 alcanzando los 29°C.

Por otra parte, para el caso del maíz tampoco se cumple con las temperaturas óptimas para su crecimiento ya que las temperaturas medias se mantienen por debajo de los 19°C, por otro lado, para los meses de marzo y mayo del año 2010,

la temperatura excede por 1°C sus valores óptimos, lo cual provoca una disminución en la calidad y rendimiento de este cultivo durante este periodo.

Gráfica 3.17 Comportamiento de la temperatura para el periodo cálido en la EMSFP.  
Periodo: 2010 - 2016



Fuente: Elaboración propia con base en SMN, 2010.

## **3.2 Participación Social**

Para realizar este análisis se aplicó un cuestionario (ver anexo) a 70 agricultores de la localidad de San Miguel Balderas, los cuales han colaborado de forma activa en actividades de siembra y cosecha de cultivos básicos, a los cuales se les realizaron varias preguntas relacionadas con las actividades agrícolas a las que se dedican.

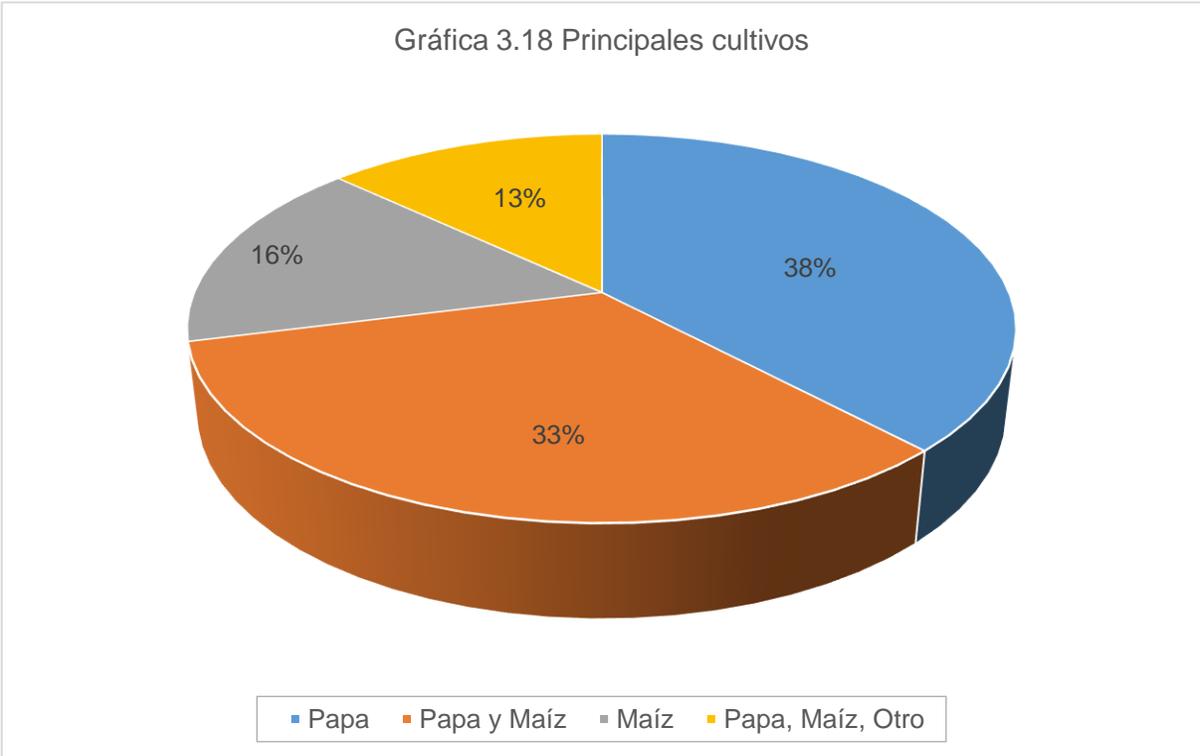
### **3.2.1 Sistemas de producción agrícola**

Las personas a las que se les aplicó el cuestionario tenían un rango de edad entre los 21 y 70 años, los cuales en su totalidad son hombres, quienes se dedican a la actividad agrícola y la consideran como su principal fuente de ingresos.

El 95% de los entrevistados tiene una educación básica, mientras que el 5% logró alcanzar una educación media, quienes en su mayoría por cuestiones económicas no pudieron continuar con sus estudios y optaron por dedicarse a dicha actividad.

### 3.2.2 Características de los sistemas de producción agrícola

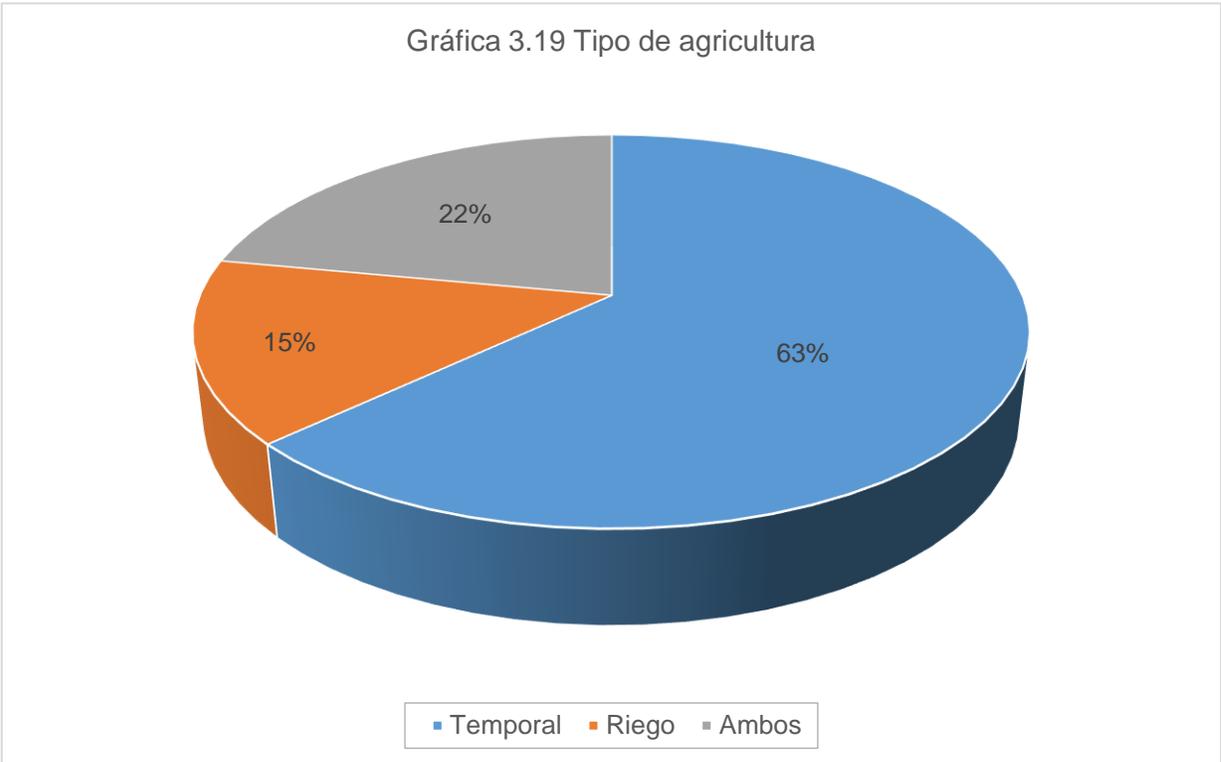
El 38% de la muestra se dedica al cultivo de la papa debido a que éste es capaz de brindar una mayor producción en una superficie menor, resiste condiciones ambientales más variables y su ciclo de crecimiento es menor comparado con el de otros cultivos. El 33% de los agricultores cultiva papa combinada con maíz, principalmente por su fácil desarrollo y a su adaptabilidad que le permite crecer en diferentes condiciones climáticas, el 16% de la muestra se dedica únicamente al cultivo del maíz y el 13% restante cultiva papa, maíz y otro tipo de planta, haba o avena, de acuerdo a las condiciones que se presenten. (Ver Gráfica 3.18)



Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

De acuerdo a las respuestas obtenidas el 63% de los agricultores depende de la agricultura de temporal para el crecimiento de sus cultivos, ya que pueden sembrar grandes extensiones de tierra con poca mano de obra y al mismo tiempo reducir sus costos de producción para su comercialización.

El 15% de la muestra ha preferido optar por implementar el sistema de riego en las zonas altas, porque ha llegado a incrementar el rendimiento de los cultivos y su productividad en comparación con los de temporal y principalmente no dependen de la época de lluvias para iniciar su siembra, el 22% de la muestra restante práctica ambos tipos de agricultura debido a que siembran más de un cultivo durante el año y eso les ayuda a disminuir pérdidas significativas. (Ver Gráfica 3.19)



Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

El 60% de los campesinos indica que cultiva sobre una superficie de 1 a 3 hectáreas, dedicándose principalmente al monocultivo de maíz o papa, el 25.71% de la muestra cultiva de 4 a 6 ha con parcelas propias e implementando una rotación de cultivos de acuerdo a las condiciones que presente el suelo, el 8.57% posee parcelas de 7 a 9 hectáreas, la cual les ha permitido diversificar sus cultivos y poner en práctica la agricultura de riego para mantener en producción sus parcelas, el 5.71% restante de la muestra tiene parcelas de 10 a 12 hectáreas, generalmente no toda la superficie son parcelas propias, éstas son rentadas para cultivarlas durante todo el año mediante riego. (Ver tabla 3.2)

Tabla 3.2 Extensión de la parcela

Superficie (ha)	Muestra	Proporción (%)
1 – 3	42	60
4 – 6	18	25.71
7 – 9	6	8.57
10 – 12	4	5.71
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>99.99%</b>

Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

La antigüedad de esta actividad tiene una relación sobre los años que se lleva practicando en la localidad, heredándose de generación en generación, es por ello que existe una gran diversidad de respuestas.

Con base a los datos obtenidos el 22.85% de los agricultores comenzaron a realizar esta actividad durante los últimos 10 años porque sus padres o algún familiar se dedica a ella, el 20% de la muestra indica que lleva de 11 a 20 años cultivando estas parcelas. El 27.14% de los agricultores se han dedicado a la agricultura de 21 a 30

años, además de ser su principal fuente de ingreso y el 30% restante de la muestra señala que lleva de 31 a 40 años cultivando estos terrenos, lo que representa que las personas de mayor edad siguen manteniendo a la agricultura tradicional como una forma de subsistencia e ingreso (Ver tabla 3.3).

Tabla 3.3 Años de siembra de las parcelas

Años	Muestra	Proporción (%)
1 – 10	16	22.85
11 – 20	14	20
21 – 30	19	27.14
31 – 40	21	30
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>99.99%</b>

Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

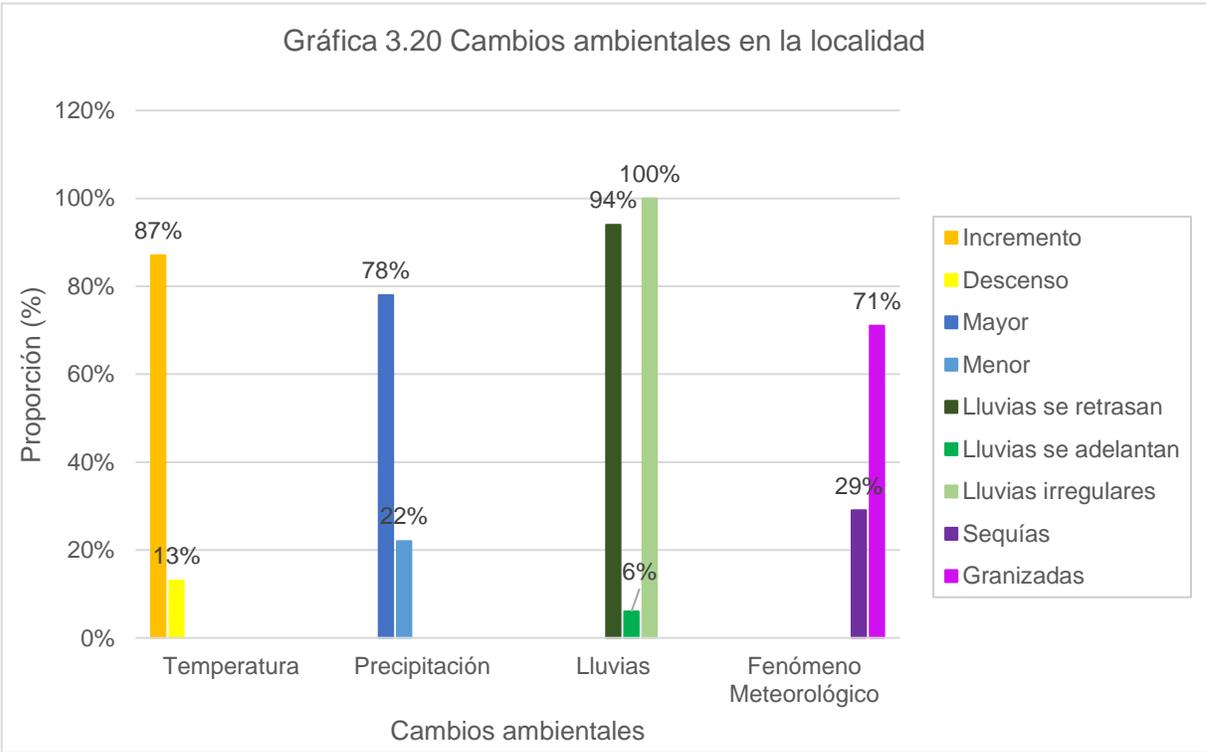
### 3.2.3. Cambios ambientales en la localidad y afectaciones a la actividad agrícola

El 87% de los agricultores afirma que la temperatura ha incrementado en los últimos años provocando el aumento en la demanda de agua de los sistemas agrícolas, por otro lado, el 13% de la muestra indica que la temperatura ha disminuido, además que durante la madrugada se han presentado fuertes heladas que afectan la calidad de los cultivos.

En cuanto a la precipitación el 78% de los productores asegura que la intensidad y la duración de las tormentas ha sido mayor y el 22% de la muestra señala que las precipitaciones han disminuido a través de los años poniendo en riesgo sus cultivos.

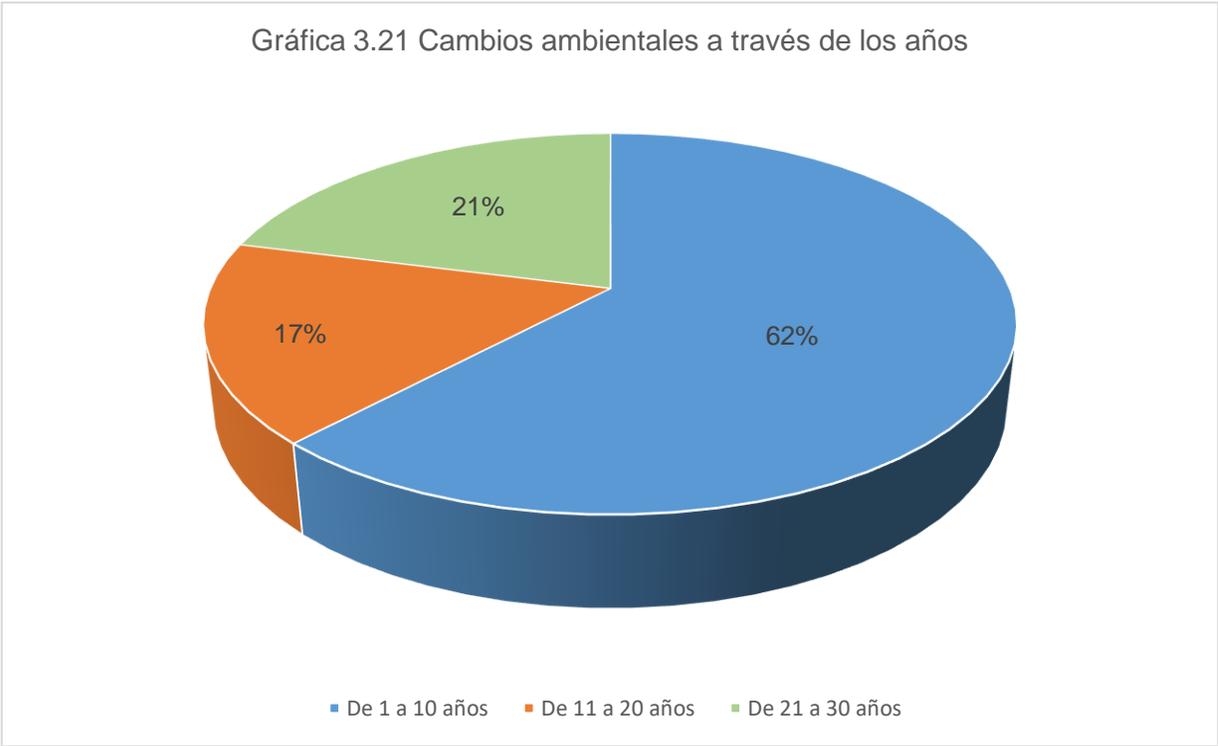
Para el caso de las lluvias, el 94% de los entrevistados indica que las lluvias se han ido retrasando paulatinamente y por lo tanto el ciclo agrícola no se inicia oportunamente ya que requieren de tres días continuos de buenas lluvias, quienes dependen de la agricultura de temporal han tenido que recorrer sus fechas de siembra para evitar pérdidas, y únicamente el 6% de la muestra opina que las lluvias se han adelantado en los últimos años. Sin embargo, existe unanimidad en que las lluvias se han comportado de manera irregular para el periodo de siembra y cosecha.

Con respecto a los fenómenos meteorológicos, el 29% de los agricultores afirma que ha visto cambios en cuanto a las sequías e incluso se ha visto afectado poco después de la siembra impidiendo que las plantas no puedan germinar o bien se vean afectadas durante las últimas etapas de su desarrollo, disminuyendo consigo el rendimiento de los cultivos. Por otra parte, el 71% de la muestra asegura que las granizadas han aumentado considerablemente y han mermado la producción de maíz. (Ver Gráfica 3.20)



Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

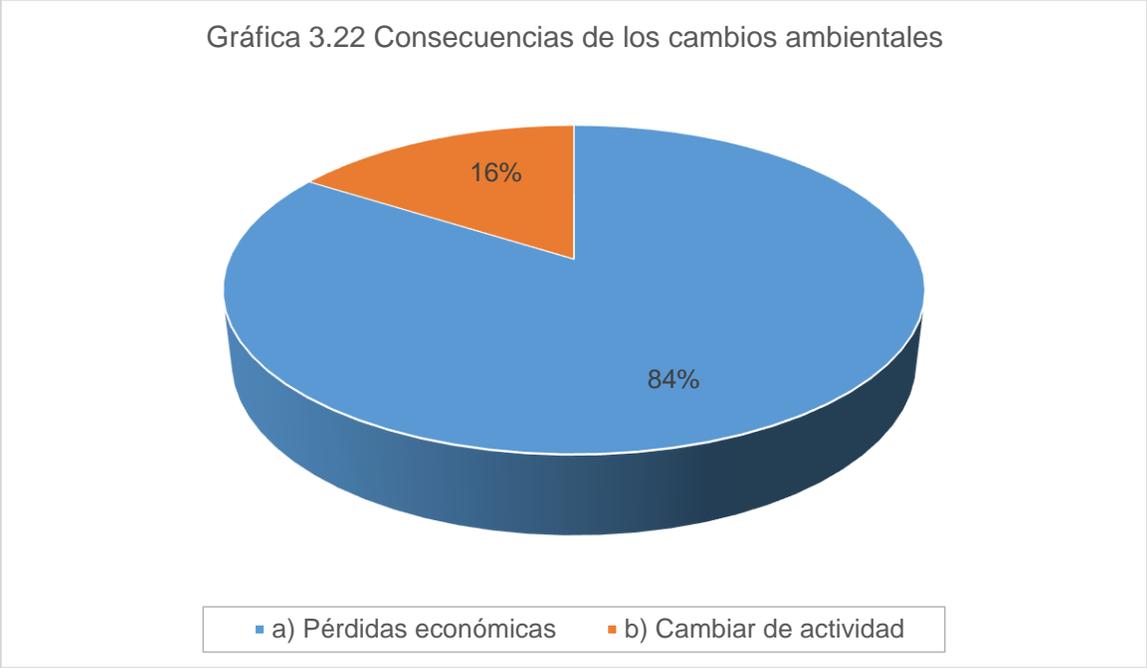
El 62% de los campesinos afirma que las variaciones como la precipitación y la temperatura han sido más notorias con respecto al impacto sobre los cultivos estos últimos 10 años, principalmente en el mes de marzo, donde se han presentado lluvias irregulares, el 17% de los agricultores asegura que ha habido modificaciones en el ambiente desde hace 20 años durante los meses de marzo y abril, donde las lluvias se han retrasado hasta el mes de mayo. Por otro lado, el 21% de la muestra declaró que las alteraciones en la tierra se han manifestado desde hace más de 30 años y siempre han estado presentes en la vida del hombre, pero ocurrían de forma gradual, sin embargo, durante estos últimos 30 años se han intensificado las lluvias, la contaminación y las altas temperaturas (Ver gráfica 3.21).



Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

De acuerdo a las respuestas obtenidas el 84% de los agricultores presentan inquietud por tener pérdidas económicas debido a los cambios ambientales que se han presentado, principalmente por temperaturas extremas, las sequías y el elevado costo de producción de alimentos, así como su medio de subsistencia, por

otro lado, el 16% de la muestra se encuentran preocupados por los extremos climáticos, las inundaciones saturan los suelos y disminuyen su productividad por lo cual han sufrido pérdidas en los cultivos, anteriormente era más predecible la temporada de lluvias y por lo tanto temen que estas alteraciones los lleven a cambiar su principal actividad económica (Ver Gráfica 3.22).



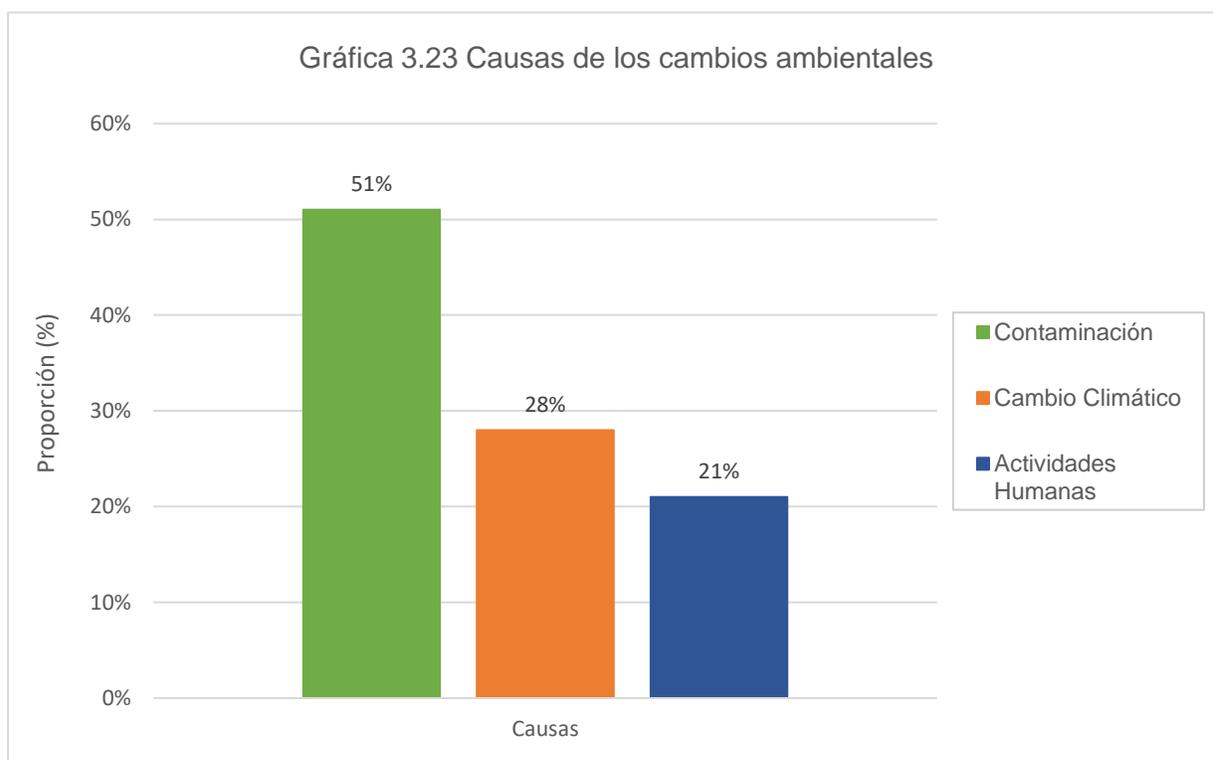
Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019.

El 51% de la muestra asegura que la contaminación es la principal causa de las variaciones en el clima que se han presentado, afectando en gran medida la calidad y cantidad de los recursos naturales de los que depende la agricultura como el suelo que disminuye sus propiedades y su fertilidad para la producción de los cultivos, también para el caso del agua que es cada vez más escasa.

El 21% de los productores considera que las actividades humanas han contribuido a las alteraciones naturales, principalmente porque la forma de vida en la actualidad es distinta, anteriormente se trabajaba para satisfacer las necesidades básicas y ahora se busca la comodidad provocando cambios de uso de suelos para urbanización y grandes industrias, se han incrementado los incendios provocados

para obtener suelos agrícolas e implementación de abonos inorgánicos para acelerar la producción y seguir sobre explotando el suelo.

Por otro lado, el 28% de los agricultores conoce y reconoce que el cambio climático provoca las alteraciones en el ambiente, el incremento de la población en la localidad y el aumento en el modo de producción de la agricultura (Ver Gráfica 3.23).



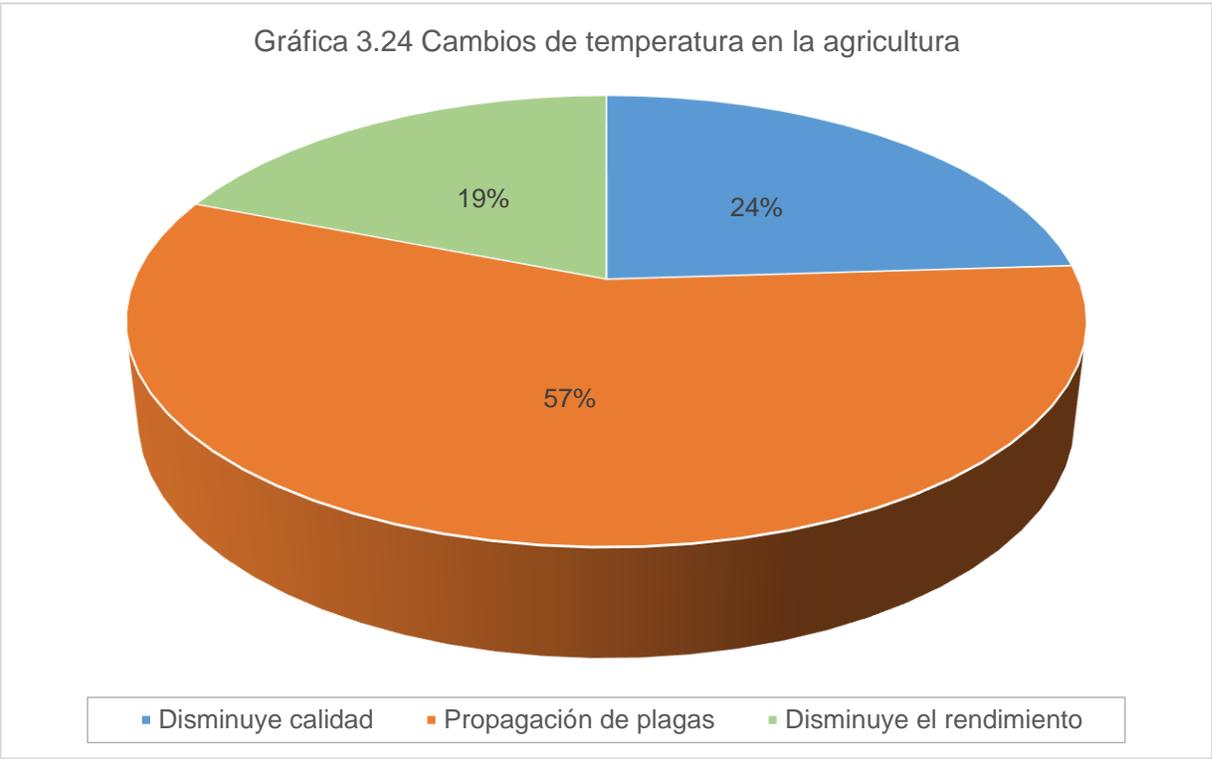
Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

Con base a los datos obtenidos el 24% de los productores asegura que las altas temperaturas originan que los cultivos requieran una mayor cantidad de agua para su desarrollo, situación que se agudiza en épocas de sequías, ya que éstos entran en estrés hídrico provocando que su calidad y la cantidad del cultivo disminuya.

Por otro lado, el 57% de la muestra afirma que la principal afectación a los cultivos por altas temperaturas es la proliferación de plagas como la “paratrioza” o pulgón saltador, es un insecto que causa que las plantas se tornen amarillentas y débiles, reduciendo el rendimiento y la calidad de los cultivos, el incremento de las plagas

genera mayores costos de producción por el uso de insecticidas, de no ser controladas se puede llegar a perder la cosecha.

Finalmente, el 19% de la muestra asegura que las altas temperaturas favorecen el desarrollo de las semillas, pero estas a su vez requieren un mayor suministro de agua y de nutrientes, poniendo en riesgo el crecimiento del cultivo ya que las altas temperaturas vuelven vulnerable a los cultivos, disminuyendo su rendimiento si sobrepasan la temperatura óptima para su crecimiento. (Ver Gráfica 3.24).



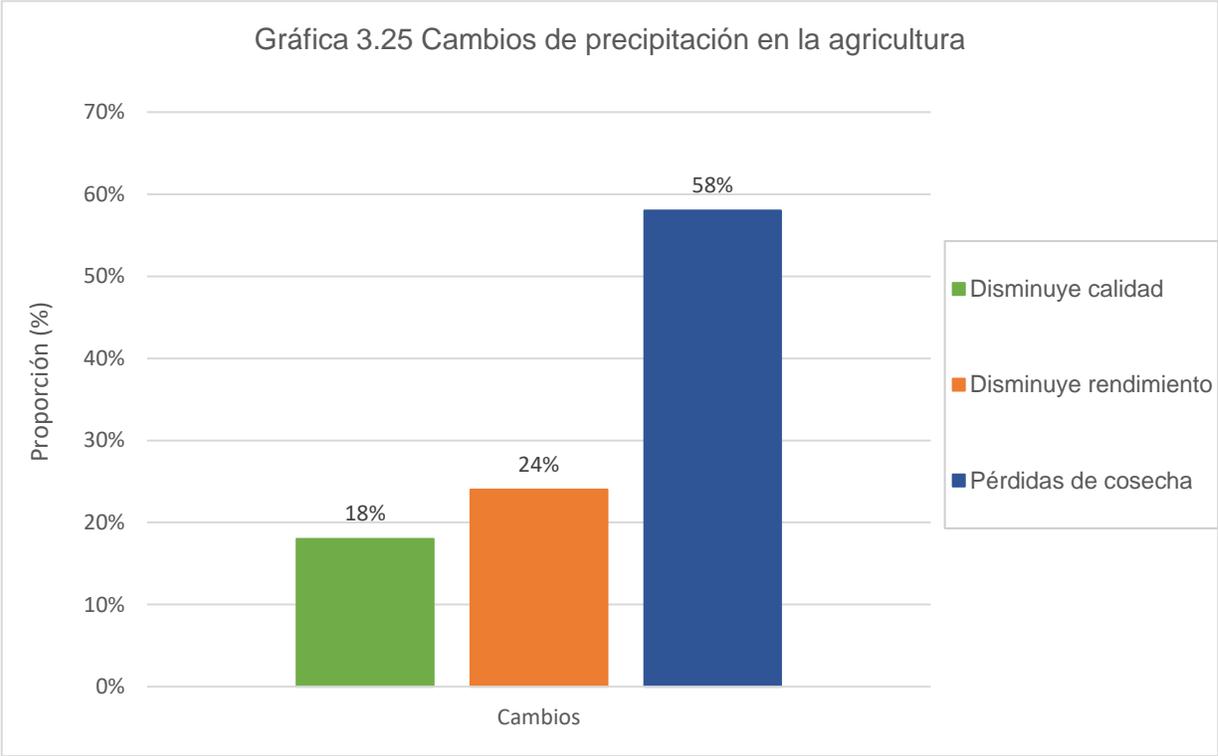
-Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

El 18% de la muestra asegura que la falta de lluvias disminuye la producción de los cultivos y las altas precipitaciones reducen su calidad provocando que el precio de comercialización sea menor por su baja calidad.

El 24% de los agricultores afirma que las intensas lluvias en los últimos años han comprometido el rendimiento del maíz disminuyendo también la cantidad de los

cultivos al final de la cosecha ya que la gran cantidad de agua que reciben termina por pudrirlos.

Por otro lado, el 58% de los productores confirma que las fuertes lluvias que se presentan en la localidad no ayudan a los cultivos ya que el suelo se encuentra saturado por las lluvias y éstas a su vez han provocado la pérdida del maíz y la papa, principalmente al inicio del ciclo agrícola cuando la semilla es más vulnerable, sufriendo consigo pérdidas económicas.

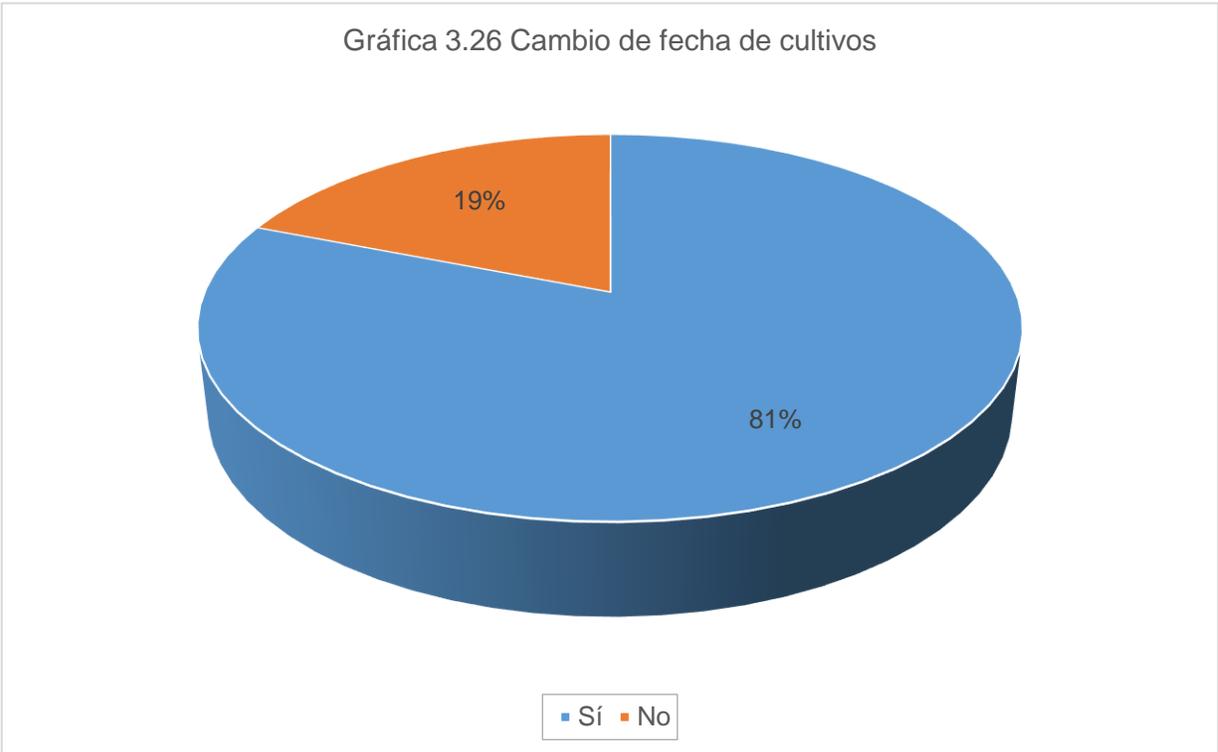


Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

### 3.2.4 Estrategias de adaptación

El 81% de la muestra asegura que ha tenido que retrasar la época de siembra de temporal para evitar pérdidas de sus cosechas por el retraso de las lluvias, anteriormente se sembraba en la segunda semana de abril y se ha tenido que recorrer hasta la segunda semana de mayo para empezar sembrar, donde las lluvias son más frecuentes, el 19% de los campesinos no ha tenido que modificar

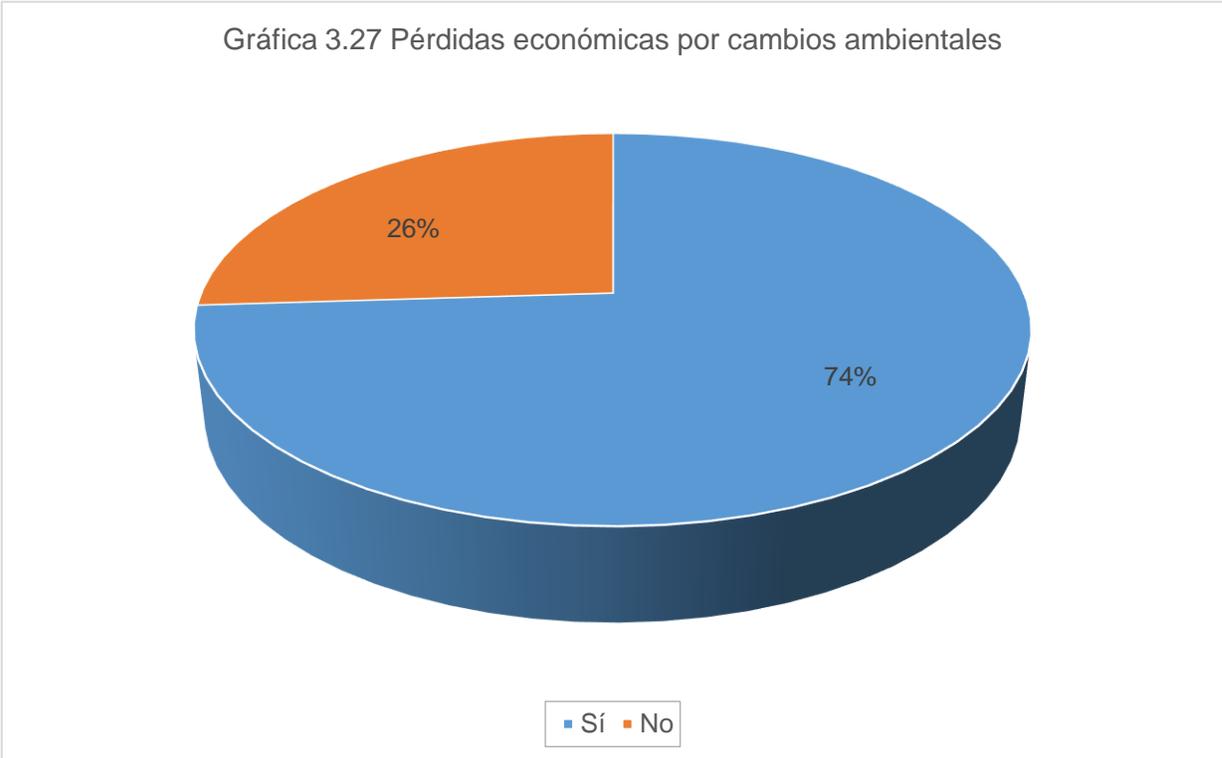
su fecha de siembra, esto principalmente porque no dependen de la época de lluvia para sembrar, por lo que ellos comienzan desde el mes de febrero, gracias a su sistema de riego que les proporciona un mayor rendimiento y calidad a sus cultivos. (Ver gráfica 3.26)



Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

El 74% de los agricultores afirman haber sufrido pérdidas de su cosecha por dos factores, el primero es el incremento de plagas, donde no se logra controlar la paratrioza o el pulgón saltador que afecta directamente a la papa, aumentando costos de producción por el uso de insecticidas sin éxito sobre los cultivos. Y el segundo factor son las lluvias irregulares y el incremento de la temperatura, lo que provoca que se reduzca la producción y debilita la calidad de los cultivos, principalmente porque la papa y el maíz son vulnerables a temperaturas extremas, por lo tanto, se ven obligados a disminuir el precio de su venta, perdiendo la ganancia sobre los productos.

A diferencia de algunos agricultores, el 26% de los campesinos asegura que no ha sufrido pérdidas económicas, principalmente porque se ha logrado controlar las plagas sacando el cultivo para salvar la cosecha, también se ha implementado el uso de insecticidas más potentes para contrarrestar las plagas, lo cual les ha beneficiado porque mientras algunos otros pierden su cosecha, ellos incrementan los precios de comercialización por la baja producción de papa o maíz en las localidades aledañas a la zona de estudio (Ver Gráfico 3.27).



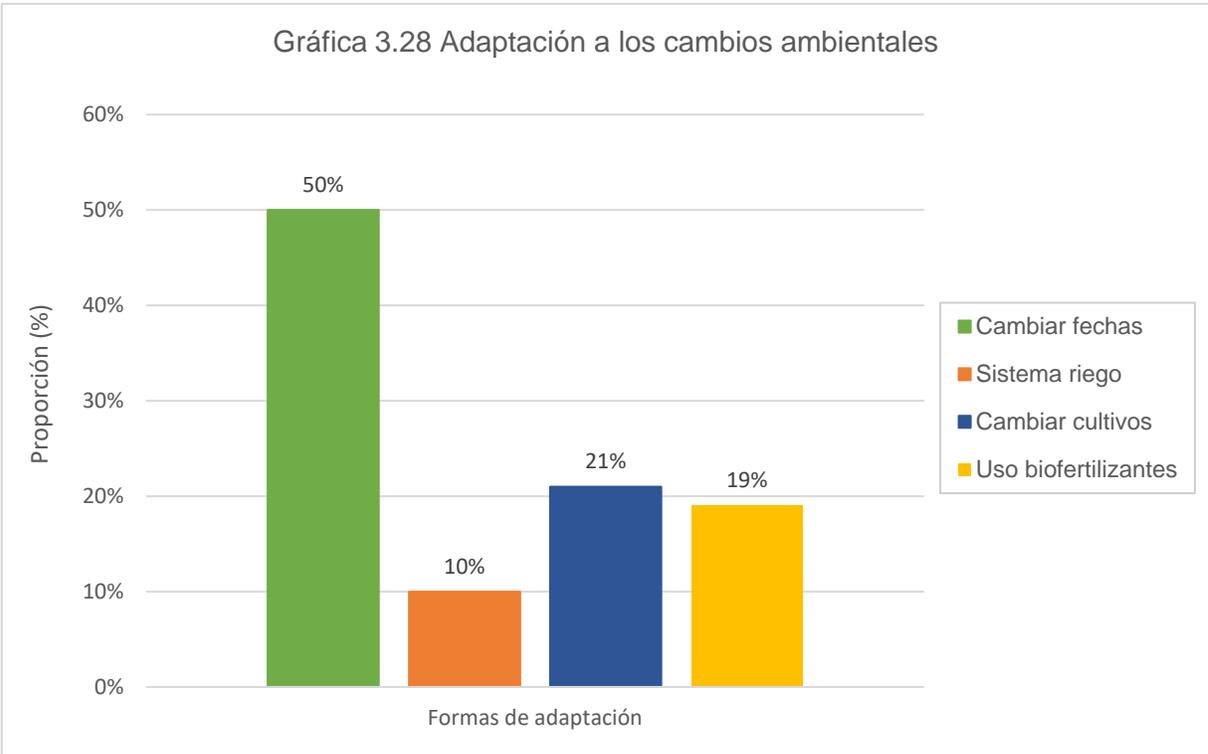
Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

El 50% de los productores afirma que ha tenido que cambiar las fechas de cultivo, retrasando la siembra y esperando la temporada de lluvias para prevenir pérdidas en las cosechas como principal forma de adaptación, disminuyendo consigo los costos de producción, sin embargo, cuando el periodo de lluvias es más largo de lo esperado, la tierra se ha visto afectada perdiendo los cultivos.

Por otra parte, el 10% de los agricultores asegura que se ha visto en la necesidad de implementar sistemas de riego, consideran que es una inversión a largo plazo, ya que ha mejorado el rendimiento de los cultivos, debido a que las semillas reciben la cantidad necesaria de agua, también les permite planificar sus fechas de siembra comenzando desde el mes de febrero, incrementando su producción logrando sembrar hasta tres veces al año, sin embargo, los agricultores que dependen del temporal cosechan tan solo una o dos veces.

El 21% de la muestra indica que debido al retraso de las lluvias han tenido que cambiar el cultivo de maíz por avena o forraje para los animales el cual es menos vulnerable a los cambios extremos, tal es el caso que los agricultores se vieron en la necesidad de comenzar a cultivar papa, principalmente porque resiste bajas temperaturas por la noche a comparación del maíz y también, porque es un cultivo más redituable económicamente.

Finalmente, el 19% de los campesinos asegura que a causa del incremento de las plagas en los cultivos han implementado el uso de biofertilizantes orgánicos para disminuir los costos de producción para el cultivo del maíz y sobre todo de la papa, manteniendo una mayor fertilidad y aumento de los nutrientes en los suelos, evitando el uso de los plaguicidas que a su vez son más costosos y debilitan la calidad del suelo productivo. (Ver Gráfica 3.28).



Fuente: Datos obtenidos de la muestra de campo, 2019

# CONCLUSIONES

La presente investigación analizó la magnitud de la variabilidad de la precipitación y la temperatura del periodo 1980 al 2016, en la localidad de San Miguel Balderas y contrastó dicha información con los habitantes, respecto a los cambios ambientales.

En la localidad de San Miguel Balderas, el valor menor de TMAPA se registró en el año de 1998, con 18°C, y el mayor fue registrado en el año 2010, con 29°C, respectivamente, con una oscilación de 11°C. La TMIPA mayor fue de 0° durante varios años para el periodo de estudio (1980 – 2016), y la TMIPA menor se registró en los años 1999 y 2002, con -5°C. En cuanto a la TMA más baja, ésta se registró en 1999, con 5.8°C, y la máxima se registró en el año 2014 con 13°C. lo cual representa una diferencia significativa de 7.2°C. La PTA mínima para el periodo de 1980 – 2016 fue de 371.7 mm, que corresponde al año 2001; y la precipitación total anual mayor fue de 2836.9 mm, registrado en el año 2012.

Al analizar los datos de la temperatura y de precipitación registrados por la estación más cercana a la localidad de San Miguel Balderas, del periodo 1980 al 2016, el resultado fue que existen variaciones en el clima de la región. La temperatura mínima promedio que mantuvo el área de estudio, fue de -1.31°C, y de acuerdo a los valores establecidos por CONABIO (2012) el rango de temperatura mínima fluctúa de 0°C a 4°C, es decir se encontró una discrepancia de -1.31°C. El promedio de precipitación que mantuvo el área de estudio fue de 849.9 mm, y al ser comparado con los promedios que han documentado, de 740 mm, los valores estimados se encuentran por encima. Para la temperatura media y la máxima los valores calculados se encuentran dentro del rango establecido por García (1987).

El incremento promedio entre década que corresponde al periodo 1980 – 2016 es de 1.5°C para la temperatura máxima, con -0.25°C para la temperatura mínima, y con 0.37°C para la temperatura media, para la precipitación fue de 511.5 mm por década.

Para el periodo cálido de 2000 a 2009 los valores de temperatura tanto máximas como promedio se encuentran fuera del rango establecido como temperatura óptima requerida para el cultivo de la papa llegando a temperaturas mínimas de 2.3°C en el mes de marzo del año 2001 y máximas de hasta 28.5°C, en el 2003, limitando consigo su crecimiento, rendimiento y calidad. En el caso del maíz, las temperaturas medias obtenidas se mantienen por debajo de los 19°C y la temperatura máxima excedió en 0.5°C su valor óptimo.

Por otra parte, durante el periodo cálido de 2010 a 2016 las temperaturas medias se encuentran por debajo de los valores óptimos para el cultivo de la papa, disminuyendo la calidad de producción, pero se mantiene en los límites máximos de temperatura máxima requerida. Sin embargo, para el caso del maíz tampoco se cumple con las temperaturas óptimas para su crecimiento ya que las temperaturas medias están por debajo de los 15°C y durante los meses de marzo y mayo del primer año de este periodo (2010), la temperatura excede por 1°C sus valores óptimos, provocando una disminución en la calidad y rendimiento para este cultivo.

Dentro de la localidad, la agricultura continúa siendo la principal actividad económica y ésta es considerada como la principal fuente de ingresos y medio de subsistencia. Sin embargo, una tendencia muy marcada, es que los hombres en su totalidad se dedican a dicha actividad. Cabe mencionar que existe una relación entre la antigüedad de dicha actividad y la edad de los productores ya que la mayoría son personas mayores de 30 años, quienes mantienen la agricultura tradicional como actividad de subsistencia e ingreso.

Los bajos niveles de escolaridad determinan el tipo de actividad que se desempeña en la zona de estudio, ya que son actividades que demandan de poca preparación y capacitación.

En cuanto a la actividad agropecuaria, el principal producto es la papa, seguido del maíz, ya que la mayor parte de la superficie agrícola está destinada a ambos cultivos, sin embargo, existe una tendencia marcada a la práctica de rotación de cultivos entre la papa, el maíz, el haba, la avena y algunos forrajes.

Un 63% de los productores de la localidad dependen de la agricultura de temporal para la producción de los cultivos debido a que esta disminuye el costo de producción y su mano de obra, en menor medida se ha implementado la agricultura de riego para evitar retraso en las fechas de la siembra e incrementar su rendimiento.

Respecto a las condiciones climáticas dentro de la localidad, tanto la temperatura como la precipitación han incrementado significativamente, el 93% de los productores cree que las lluvias se han retrasado, postergando consigo la época de siembra hasta el mes de mayo donde las lluvias son más frecuentes, para evitar pérdidas económicas, donde los productores que dependen del temporal son los más afectados por la pérdida de cultivos.

Es importante aclarar que el 28% de los agricultores atribuye estas alteraciones en el ambiente al cambio climático, así como a las actividades antrópicas y la contaminación que se produce dentro y fuera de la zona de la localidad.

Algunos autores como Conde (2004) y Magaña (2006) coinciden en reconocer y señalar que el sector más vulnerable a los efectos del cambio climático es el agrícola, a causa de los fenómenos meteorológicos extremos, como el descenso de la temperatura y las lluvias constantes disminuyen el rendimiento de los cultivos.

Los cambios más severos en los cultivos por el incremento de las temperaturas es la proliferación de plagas, como el pulgón saltador que debilita el cultivo y aumenta el uso de los insecticidas, provocando pérdidas en las cosechas y reduce el rendimiento en la producción agrícola. Por otra parte, las mayores afectaciones en los cultivos por la precipitación ha sido la pérdida de las semillas al inicio del ciclo agrícola, las fuertes lluvias que se presentan dentro de la localidad, provocando una saturación del suelo fértil para su producción.

Los agricultores han comenzado a adquirir estrategias de adaptación ante las repercusiones actuales de los eventos climáticos que se presentan en la localidad, principalmente los que dependen de la agricultura de temporal, se han visto en la necesidad de cambiar las fechas de cultivo, retrasando la siembra para prevenir

pérdidas, algunos otros, han optado por implementar un sistema de riego que les permite planificar las fechas de siembra, mejorando el rendimiento y la calidad de sus productos y dejar de depender de la época de lluvias para sembrar.

Por otra parte, debido al retraso de las lluvias los agricultores han tenido que cambiar el cultivo de maíz que es más vulnerable a los extremos climáticos por forraje para los animales, asimismo, se comenzó a cultivar papa porque resiste bajas temperaturas por las noches y su venta en el mercado es más alta.

También se han tomado medidas de mitigación utilizando biofertilizantes orgánicos para mantener los suelos fértiles productivos, incrementando consigo los nutrientes para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos evitando el uso de plaguicidas inorgánicos.

Cabe mencionar que la presente investigación se encontró limitada por la disponibilidad de información en los registros capturados por las estaciones meteorológicas. Se tuvieron problemas para obtener los registros meteorológicos completos para cubrir el periodo de investigación y, para determinar los datos más aptos y cumplir con los objetivos establecidos en el trabajo de investigación.

Por lo que la hipótesis; Los sistemas de producción agrícola se han visto afectados por la variabilidad climática de acuerdo a las modificaciones de los parámetros de precipitación y temperatura, afectando así su desempeño y productividad, llevando a la implementación de acciones y medidas de adaptación practicadas por los productores de la localidad, es aceptada.

Concluyendo que la principal problemática presentada en las actividades agropecuarias sobre los cambios en las superficies del sistema de producción está ligada a cuestiones climáticas, lo cual contribuye a que las cosechas se vuelvan más vulnerables y como consecuencia representa la pérdida total o parcial para los productores; cuya magnitud de incidencia se refleja principalmente en las actividades agrícolas desarrolladas bajo el régimen de temporal, por lo que se presenta en mayor proporción en los cultivos de papa y maíz.

# **RECOMENDACIONES**

Lo anteriormente mencionado indica la necesidad de crear y/o mejorar y aplicar de manera oportuna las normas y leyes que puedan disminuir los efectos en el clima, ya que este repercute en cambios en los elementos del mismo, como las variaciones en la distribución de la precipitación (reflejada en sequías e inundaciones), elemento que influye de manera determinante en la producción agrícola de temporal, sobre los cultivos principales de la localidad.

Crear conciencia en los ciudadanos a través de programas orientados al cuidado del medio ambiente, así como el uso racional de los recursos y sistemas de captación pluvial, destacando los efectos en todos los sectores económicos, principalmente en el sector agrícola, ya que la mayor parte de la población dentro de la localidad de San Miguel Balderas depende de las condiciones climáticas, y cuyos cambios pueden afectar directamente parcial o totalmente en su producción.

# **ANEXOS**



**Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Planeación Urbana y Regional**



**“Impactos y percepción de la variabilidad climática en los sistemas agrícolas de San Miguel Balderas, Tenango del Valle”**

**Cuestionario**

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ años

Nivel educativo: \_\_\_\_\_

Ocupación: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuáles son los principales cultivos que siembra?  
a) Papa \_\_\_\_\_ b) Maíz \_\_\_\_\_ c) Papa y Maíz \_\_\_\_\_ d) Otro \_\_\_\_\_
  
2. ¿Qué tipo de agricultura práctica de riego o de temporal?  
a) Riego \_\_\_\_\_ b) Temporal \_\_\_\_\_ c) Ambos \_\_\_\_\_
  
3. ¿Cuál es la extensión de la parcela en la que cultiva?  
a) 1 a 3 b) 4 a 6 c) 7 a 9 d) 10 a 12 e) 13 o más
  
4. ¿Cuántos años tiene sembrando estos terrenos?  
a) 1 a 10 b) 11 a 20 c) 21 a 30 d) 31 a 40 e) más de 40 años
  
5. ¿Ha observado cambios ambientales en la localidad?

<b>Variables</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
<b>Incremento de temperatura</b>		
<b>Descenso de temperatura</b>		
<b>Mayores precipitaciones</b>		
<b>Menores precipitaciones</b>		
<b>Lluvias se retrasan</b>		
<b>Lluvias se adelantan</b>		
<b>Lluvias irregulares</b>		
<b>Sequías</b>		
<b>Granizadas</b>		

6. ¿Desde cuándo y en qué época del año ha notado estos cambios?
7. ¿Qué es lo que más le preocupa que pueda pasar por estos cambios?
- a) Pérdidas económicas    b) Cambiar de actividad    c) Cambio de residencia  
d) Otra\_\_\_\_\_
8. ¿A qué cree que se deben estos cambios?
9. ¿De qué forma los cambios de temperatura han afectado la producción agrícola?
10. ¿De qué forma los cambios de precipitación han afectado la producción agrícola?
11. ¿Ha tenido que cambiar la fecha de cultivos?
12. ¿Ha sufrido pérdidas económicas debido a los cambios ambientales?
13. ¿Qué medidas ha tomado para adaptarse a los cambios ambientales para que este no afecte la producción agrícola?

Se presentan las leyes y normas aplicables para el control, regulación y evaluación del Cambio Climático sobre la agricultura, con la finalidad de conocer el funcionamiento de la ley respecto a su posible o no cumplimiento, además de los factores que lo hacen posible, así como las instituciones encargadas de su acatamiento en San Miguel Balderas.

## **Ámbito Internacional**

### **Derechos Humanos y el Cambio Climático**

Los impactos de las variaciones climáticas sobre el planeta inciden directa e indirectamente en el bienestar de las personas: en su salud, al agua, a un medio ambiente sano, a la alimentación, viviendas adecuadas y demás aspectos que permiten llevar una vida digna para ésta y futuras generaciones (IPCC, 2008).

#### **El derecho a la vida**

La Corte Interamericana de Derechos Humanos (CIDH, 2005), destaca los riesgos que garantizan una vida de cualidad digna a causa del cambio climático, principalmente al goce de salud, al acceso de agua y aun medio ambiente adecuado, a la satisfacción de las necesidades alimentarias y de vivienda que se encuentran relacionados con la variación de temperatura en todos los componentes que integran la dignidad de la existencia.

#### **Derecho a la salud**

El derecho a la salud es un derecho internacionalmente reconocido desde 1948 en distintos tratados internacionales. El Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, establece que los estados reconocen el derecho de toda persona a disfrutar del nivel más alto de salud física y mental (Unidas, 2006).

De acuerdo con Smith (2014) el derecho a la salud comprende un amplio conjunto de factores que pueden contribuir a una vida sana; uno de estos factores es contar con un medio ambiente sano, por lo que el cambio climático pone en riesgo este derecho de tres maneras. La primera, en el incremento en las tasas de mortalidad y morbilidad como consecuencia directa de los eventos de calor o frío extremo, inundaciones y otros fenómenos meteorológicos.

La segunda forma que el cambio climático afecta a la salud es través de alteraciones a los ecosistemas, mismas que a su vez provocan modificaciones en la distribución de los organismos transmisores de enfermedades favoreciendo el incremento de padecimientos transmitidos por el agua dado el aumento de las precipitaciones.

La tercera manera se ve afectada indirectamente la desnutrición a causa de las alteraciones en la producción agropecuaria, lesiones corporales provocadas por conflictos debido a los desplazamientos forzados asociados a fenómenos hidrometeorológicos extremos o con la falta de atención médica adecuada como consecuencia de los daños a la infraestructura sanitaria por ciclones, tormentas o inundaciones.

### **Derecho al agua**

El agua es un recurso indispensable y el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos (ECOSOC, 2003).

La disponibilidad del recurso esencial para la vida se encuentra en riesgo, la cantidad de agua superficial y subterránea disminuirá en la mayoría de las regiones áridas, lo que intensificará la competencia por el recurso entre los diversos sectores económicos (CMNUCC, 1994).

## **Derecho a un medio ambiente sano**

Inició con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, conocida también como la Cumbre de la Tierra; la cual cuenta con 27 principios de contenido que establecen criterios para la protección al ambiente (Unidas, 2002)

Sin embargo, surgieron otros resultados de esta Conferencia, en tema de cambio climático las cuales destacan las siguientes:

- La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)
- Panel Intergubernamental para el Cambio Climático 1988
- Los Objetivos de Desarrollo del Milenio del 2000
- Conferencia sobre el Cambio Climático de París del 2015
- Fondo para el Cambio Climático

El derecho a un medio ambiente sano es el más afectado por los efectos del aumento de la temperatura global, porque es la base de todos los elementos vivos y no vivos del planeta. Cada uno de los procesos naturales que mantienen la diversidad biológica, los océanos, los cuerpos de agua dulce, los suelos y la atmósfera tiene relación con el sistema climático y, por ende, su continuidad se ve alterada si la temperatura o los regímenes pluviales varían (CNUMAD, 1992).

## **Derecho a una alimentación adecuada**

El hambre y la desnutrición impiden el acceso a una vida activa y saludable, por lo que disfrutar del derecho a la alimentación es un compromiso que han asumido casi todos los países del mundo, el consumo de alimentos en calidad y cantidad adecuadas es fundamental para el bienestar físico y mental de las personas (Unidas, 2002).

De acuerdo con (CMNUCC, 1994) se prevé que un aumento de temperatura igual o mayor a 2°C impactará negativamente la producción de los principales cultivos, pérdida de cosechas y un incremento en los precios de los alimentos a causa del cambio climático, siendo las más vulnerables las que se encuentran en condiciones de pobreza debido a su particular dependencia de los recursos sensibles al clima como medio de alimento de subsistencia.

### Ámbito Nacional

El marco legal señala distintas instituciones responsables del diseño, planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de la vigilancia de las políticas públicas en materia de calidad del aire. A nivel federal, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), es la primera que se encarga de fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales de bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable (INECC, 2012).

Tabla 3.4 Instituciones responsables de la vigilancia de las políticas públicas en materia de cambio climático y sistemas agrícolas.

Instituciones	Objeto
Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Planeación de la política e implementación
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)	Institución de investigación
Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO)	Planeación del desarrollo integral y sustentable de las actividades agropecuarias y forestales
Gobiernos de las entidades federativas	Planeación local

Fuente: Elaboración propia con base en (INECC, 2012).

De acuerdo con la (OMS, 2010) la variación climática ha afectado la salud humana de diversas formas, alterando su ámbito geográfico y la estacionalidad de enfermedades infecciosas, perturbando los ecosistemas de producción de alimentos y aumentando la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos. Muchas de las enfermedades como diarrea, malnutrición, malaria y dengue, son sensibles al clima y es de prever que se agravarán con el cambio climático poniendo en riesgo la salud de la población.

### **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)**

Dentro de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) se integran artículos que se basan específicamente en materia ambiental; tales como el Artículo 26°, el cual menciona que el Estado debe organizar un sistema de planeación democrática de Desarrollo Nacional por medio de mecanismos de participación y consulta social, para incorporarlas al plan y los programas de desarrollo, así como un Plan Nacional de Desarrollo (PND), al que se sujeten obligatoriamente a los programas de la Administración Pública Federal (SEGOB, 2016).

El PND 2013-2018, busca fortalecer la productividad en el sector agroalimentario para transitar hacia una economía competitiva, rentable, sustentable que garantice la seguridad alimentaria del país, el cual tiene como líneas de acción impulsar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, asegurando una alimentación y nutrición adecuada, particularmente para aquellos en extrema pobreza o con carencia alimentaria en el medio rural, a través de prácticas sustentables en las actividades agrícolas, fomentando la aplicación racional de agroquímicos y fertilizantes, e incentivar el uso de biofertilizantes (SAGARPA, 2013).

El Artículo 27° de la CPEUM, menciona que se deberán dictar las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de

ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; así el aprovechamiento y explotación de los ejidos y comunidades; para el desarrollo y fomento de la agricultura, la ganadería y las demás actividades económicas en el medio rural, para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad (SEGOB, 2016).

### **Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), tiene como objetivo formular la política Ambiental Nacional en materia de cambio climático, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Por otra parte, se encarga de las competencias y coordinación de las autoridades a nivel federal, estatal y municipal (INECC, 2012).

En los Capítulos I y II, se establecen las disposiciones generales y distribución de competencias sobre protección al ambiente, el desarrollo y el aprovechamiento sustentable, la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja al ambiente y realice acciones de mitigación y adaptación al cambio climático y aproveche de manera sustentable los recursos naturales (FAO, 2007).

Así mismo en los artículos 2°, 5° y 7°, se estipula que la LGEEPA debe prevenir y controlar la contaminación o modificación del ambiente derivada de actividades humanas que pueda poner en peligro a los ecosistemas, formulando y ejecutando acciones de mitigación y adaptación al cambio climático principalmente en las zonas de mayor vulnerabilidad (INECC, 2012).

En el artículo 99 se determina que cualquier apoyo que sea otorgado por el Gobierno Federal, debe promover la incorporación de cultivos compatibles con la preservación del equilibrio ecológico y la restauración de los suelos (FAO, 2007).

De acuerdo al artículo 103 y 104, se estipula que quienes realicen actividades agrícolas deberán llevar a cabo prácticas de preservación, aprovechamiento sustentable y restauración para evitar la degradación del suelo; y por medio de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2012), se deberán realizar estudios de impacto ambiental para efectuar algún cambio en el uso de suelo para prevenir un deterioro de suelos afectados.

### **Ley Agraria**

La Ley Agraria es la encargada de las medidas políticas, económicas, sociales y legislativas cuyo fin es modificar la estructura de propiedad y producción de la tierra.

En el artículo 6° y 9° se menciona que la Administración Pública Feral fomentará el cuidado y conservación de los recursos y promoverán su aprovechamiento racional para preservar el equilibrio ecológico, incrementando la productividad y mejorar la producción agrícola. Asimismo, la población ejidal es la única que tiene personalidad jurídica y son los propietarios de las tierras que se les han sido otorgadas y tienen el derecho de uso para el aprovechamiento sobre ellas (SEGOB, 2016).

### **Ley de Aguas Nacionales**

La Ley de Aguas Nacionales tiene como objetivo regular la explotación, uso y el aprovechamiento del recurso por parte de particulares, sin embargo, le corresponde al municipio la prestación del servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales (CONAGUA, 2017).

De acuerdo al Artículo 48 se menciona que los ejidatarios poseedores de tierras agrícolas disponen del derecho de explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales para el riego y producción agrícola (SEGOB, 2016).

## **Ámbito Municipal**

El municipio de Tenango del Valle de acuerdo al Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) en materia de planeación urbana determina los lineamientos aplicables para promover y garantizar un desarrollo sostenible dentro de las localidades pertenecientes al municipio.

Con el objetivo principal de mejorar la calidad de vida de la población, establecer instrumentos de protección y conservación, impulsar aplicación de proyectos al igual que promover la regularización de la tenencia de suelo ejidal y privado de las comunidades asentadas en sitios de riesgo.

## Bibliografía

### Libros:

Ayllón, T., (2003). Elementos de meteorología y climatología. (2da ed.) México: Trillas.

Barros, V., (2004). El cambio Climático Global. (1era. ed.) Buenos Aires.: Libros del Zorzal.

Benavides, H. & León, G., (2007). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, (IDEAM) (1ra ed.) Colombia: IDEAM.

Boege, E. & Carranza, T., (2009). *Agricultura sostenible campesino-indígena, soberanía alimentaria y equidad de género: Seis experiencias de organizaciones indígenas y campesinas en México.* (3ra. ed.) México, D.F: PIDAASSA.

Bradley, R. S., (1999). *Paleoclimatology.* (3era. ed.) Amherst, Massachusetts: Academic Press.

Campos, A., (1998). *Procesos del ciclo hidrológico.* (3ra. ed.) San Luis Potosí, México: Universitaria.

Conde, C. (2004). Impactos del cambio climático en la agricultura en México. (1ra ed.) México, D.F. Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Conde, C. (2006). México y el cambio climático global. (1ra. ed.) México D.F. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Chorley, R., (1986). Atmósfera, tiempo y clima. (1ra. ed.) Barcelona.: Omega.

Durand, D. F., (1972). *Climatología.* (2da. ed.) Barcelona: Ariel.

ECOSOC, (2003). *Cuestiones sustantivas que se plantean en la aplicación del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales.* (4ta. ed.) Nueva York: Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas.

FAO, 2015. *Entendiendo el impacto de sequía provocado por El Niño en el área agrícola mundial: una evaluación utilizando el Índice de Estrés Agrícola de la FAO (ASI).* (1era. ed.) Roma: Medio Ambiente.

Fuentes, J. L., (2000). Iniciación a la Meteorología y la Climatología. (1era. ed.) España: Mundi.

García, d. M. E., (1983). Apuntes de Climatología. (1era. ed.) México, D.F.: UNAM.

García, C., (2008). *Ciencias Sociales, factores del clima.* (1ra. ed.) Buenos Aires: Puerto de Palos.

Gay, C., 2003. *Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México*. (1ra. ed) México: UNAM.

Griffiths, J. F., (1985). *Climatología Aplicada*. (1era ed.) México, DF.: UNAM.

López, D. T., (1982). *Compendio de Meteorología y Climatología*. (1era. ed.) Habana: Cuba.

Magaña, V., (2006). *Los impactos de El Niño en México*. (2da. ed.) México.: Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación.

O'Brien, K. L. & Leichenko, R. M., (2000). *Global Environmental Change*. (1era. ed.) España: Columbia.

SMA, (2007). Secretaria del Medio Ambiente. *Climas en el Estado de México*. (1era. ed.) México: Gobierno del Estado de México.

Smith, K., (2014). *Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad*. (3ra. ed.) Cambridge, Reino Unido y Nueva York.: Cambridge University Press.

SMN, (2007). Servicio Meteorológico Nacional. *Inventario de Emisiones del Estado de México*. (1era. ed.) Estado de México: Gobierno del Estado de México.

Sampieri, R. H. (2010). *Metodología de la Investigación*. (1era. ed.) México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.

Torres, R. E., (1983). *Agrometeorología*. (2da ed.) México, D.F.: Diana.

Vidal, Z. R., (2005). *Las Regiones Climáticas de México*.. (1era. ed.) México, D.F.: Instituto de Geografía, UNAM.

#### **Fuentes electrónicas:**

AEMET, (2010). *Climatología*. [En línea] Disponible en: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos> [Último acceso: 01 12 2018].

BCN, (2008). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile / BCN*. [En línea] Disponible en: <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/cambio-climatico-asiapacifico> [Último acceso: 23 Septiembre 2018].

CIDH, (2005). *Corte Interamericana de Derechos Humanos*. [En línea] Disponible en: [http://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec\\_125\\_esp.pdf](http://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_125_esp.pdf) [Último acceso: Julio 31 2018].

CMNUCC, (1994). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. [En línea]  
Disponibile en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>  
[Último acceso: 08 12 2017].

CNUMAD, (1992). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. [En línea]  
Disponibile en: <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html>  
[Último acceso: 01 Marzo 2019].

CONAGUA, (2010). Comisión Nacional del Agua. *Normales Climatológicas San Francisco Putla*. [En línea]  
Disponibile en: <https://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex> [Último acceso: 23 Septiembre 2018].

CONAGUA, (2017). *Comisión Nacional del Agua*. [En línea]  
Disponibile en: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/ley-de-aguas-nacionales-54002> [Último acceso: 12 Febrero 2018].

FAO, (2010). *Mitigación del cambio climático y adaptación en la agricultura, la silvicultura y la pesca*. [En línea]  
Disponibile en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0142s/i0142s00.pdf>  
[Último acceso: 17 Noviembre 2018].

INE, (2010). *Instituto Nacional de Ecología*. [En línea]  
Disponibile en: <http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/>  
[Último acceso: 9 Noviembre 2017].

INEGI, (2018). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Marco Geoestadístico*. [En línea]  
Disponibile en: <https://www.inegi.org.mx/temas/mapas/mg/>  
[Último acceso: 27 Septiembre 2018].

Pérez, J. & Merino, M., (2009). *Efecto Invernadero*. [En línea]  
Disponibile en: <https://definicion.de/efecto-invernadero/>  
[Último acceso: 17 Septiembre 2018].

SMN, (2010). *Servicio Meteorológico Nacional*. [En línea]  
Disponibile en: <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mex> [Último acceso: 18 11 2018].

Ucha, F., (2009). *Temperatura*. [En línea]  
Disponibile en: <https://www.definicionabc.com/general/temperatura.php>  
[Último acceso: 17 Septiembre 2018].

Ucha, F., (2010). *Humedad Atmosférica*. [En línea]  
Disponibile en: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/humedad.php>  
[Último acceso: 18 Septiembre 2018].

Ucha, F., (2011). *Precipitación*. [En línea] Disponible en: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/precipitacion.php> [Último acceso: 17 Septiembre 2018].

Ucha, F., (2014). *Tiempo Atmosférico*. [En línea] Disponible en: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/tiempo-atmosferico.php> [Último acceso: 18 Septiembre 2018].

Unidas, N., (2002). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. [En línea] Disponible en: <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/unced.html> [Último acceso: 15 Marzo 2017].

Unidas, N., (2006). *Los Principales Tratados Internacionales de Derechos Humanos*. [En línea] Disponible en: <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/CoreTreatiessp.pdf> [Último acceso: 12 Febrero 2017].

#### **Publicaciones oficiales de gobierno:**

INECC, (2012). *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. [En línea] Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001364.pdf> [Último acceso: 22 Enero 2019]

INEGI, (2010). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censo de Población y vivienda*. Consultado el 12 Noviembre 2017, de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>

SAGARPA, (2012). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático*. [En línea] Disponible en: <https://agua.org.mx/biblioteca/mexico-sector-agropecuario-ante-desafio-del-cambio-climatico/> [Último acceso: 18 Febrero 2019].

SAGARPA, (2013). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario*. [En línea] Disponible en: [https://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/Pot%202013/Sitio/Programa\\_sectorial\\_SAGARPA\\_2013-2018.pdf](https://www.sagarpa.gob.mx/Transparencia/Pot%202013/Sitio/Programa_sectorial_SAGARPA_2013-2018.pdf) [Último acceso: 12 Marzo 2018].

SEGOB, (2016). Secretaría de Gobernación. *Leyes y Reglamentos Federales*. [En línea] Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/constitucion.php> [Último acceso: 23 Febrero 2018].

SEMARNAT, (2009). *Cambio Climático Ciencia, evidencia y acciones*. [En línea] Consultado el 14 Octubre 2018, de: <https://cambioclimatico.gob.mx/semarnat/>

SEMARNAT, (2010). *Comisión Nacional Forestal*. [En línea] Disponible en: [http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/cambio\\_climatico\\_09-web.pdf](http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/cambio_climatico_09-web.pdf) [Último acceso: 19 12 201].

SEMARNAT, (2012). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Agricultura y Cambio Climático*. [En línea] Disponible en: [http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05\\_serie/cambio\\_climatico.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05_serie/cambio_climatico.pdf) [Último acceso: 02 Febrero 2018].

OMS, (2010). *Organización Mundial de la Salud*. [En línea] Consultado el 22 Septiembre 2018, de: <http://www.who.int/hac/techguidance/ems/floods/es/>

### **Informe:**

IPCC, (2007). Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. *Cambio climático 2007: Base de las Ciencias Físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.*, Cambridge y Nueva York. Cambridge University Press.: Ed. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B..

IPCC, (2008). Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, Cambio Climático de CARE Internacional, Ginebra: *Care, Climate Change*.

IPCC, (2013). Cambio climático: Bases físicas. *Resumen para responsables de políticas*. Suiza: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC)., Vol. 1(Núm. 33), pp. 18-23.

### **Revistas científicas de internet:**

AEMA, (2015). La agricultura y el cambio climático. *Agencia Europea de Medio Ambiente*, Vol. 3 (Núm. 6), Pp. 5 - 10.

Alcaraz, G. L., (2015). Causas, consecuencias y 'soluciones'. Ciencia y cambio climático en el discurso informativo de Clarín. *Redalyc*, Vol. 44 (Núm. 1), Pp. 307 - 328.

Altieri, M.A. (2002). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Vol. 2 (Núm. 93), Pp. 1 - 24.

- Ayers, J., (2009). Supporting Adaptation to Climate Change: What Role for Official Development Assistance, *Development Policy Review*. *Global Environmental Change*, Vol. 6 (Núm. 13), Pp. 675 - 692.
- Baethgen, W. E., (2010). Climate Risk Management for Adaptation to Climate Variability and Change. *Symposia*, Vol. 50 (Núm 12), p. 7.
- Buendía, E., (2012). Sobre las variaciones climáticas en México. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, ISSUE (Núm. 11), Pp. 117 - 127.
- Calderón, G. J. O., Monterroso, R. A. I. & Gómez, D. J. D., (2015). Cambio Climático en el centro de México: Impacto en la producción de cebada (*Hordeum vulgare*) en Tlaxcala. *Ra Ximhai*, Vol. 11 (Núm. 5), Pp. 37 - 46.
- Dube, T. & Phiri, K., (2013). Rural Livelihoods under Stress: The Impact of Climate Change on Livelihoods in South Western Zimbabwe. *American International Journal of Contemporary Research*, Vol. 3 (Núm. 5), Pp. 11 - 25.
- Eakin, H., (2005). Cambio Institucional, Riesgo climático y vulnerabilidad rural: Casos del centro de México. *World Dev*, Vol. 33 (Núm. 101), Pp. 1923 - 1938.
- EEA, (2019). La adaptación al cambio climático es clave para el futuro de la agricultura en Europa. *European Environment Agency*, Vol. 2 (Núm. 1), Pp. 5 - 7
- FAO, (2007). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries: Perspectives, Framework and Priorities. *Interdepartmental Working Group on Climate Change.*, Vol. 1(Núm. 17), Pp. 8-10.
- Giménez, A. & Lanfranco, B., (2012). Adaptación al cambio climático y la variabilidad: algunas opciones de respuesta para la producción agrícola en Uruguay. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 3(Núm. 3), Pp. 611 - 620.
- Gómez, M. & García, S., (2004). Guía para cultivar cebada maltera en temporal en el estado de Hidalgo.. *Folleto para productores*, Vol. 13 (Núm. 8), P. 8.
- Iglesias, A. & Medina, F., (2009). Consecuencias del cambio climático para la agricultura. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros: ¿Un problema de hoy o del futuro?*, Vol. 7 (Núm. 221), Pp. 45 - 70.
- Nelson, G. C., (2009). Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. *Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias*, Vol. 11 (Núm. 220), Pp. 23 - 34.
- Nicholls, C. I. & Altieri M. A. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas. *LEISA: Revista de Agroecología*, Vol. 12 (Núm. 1), Pp. 1 - 8.
- Niggli, U., (2008). Low greenhouse gas agriculture: mitigation. *UN Food and Agriculture*, Vol. 15 (Núm. 128), P. 23.

Ocampo, O., (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. *Revista de Ingeniería*. Universidad de Los Andes Bogotá, Colombia, Vol. 7 (Núm. 33), Pp. 115 - 123.

OMM, (1994). Organización Meteorológica Mundial. (1994). *Guía de Prácticas hidrológicas*. Adquisición y proceso de datos, análisis, predicción y otras aplicaciones. Vol. 12 (Núm. 5), P. 10

OMM, (2013). Organización Meteorológica Mundial. Gases de Efecto Invernadero. Boletín sobre los Gases de Efecto Invernadero, Vol. 1 (Núm. 32), P. 12.

Reid, H. & Huq, S., (2005). Climate Change, Biodiversity and Livelihood Impacts.. *Climate Change*, Vol. 13 (Núm. 101), Pp. 57 - 70.

Riojas, G. E. & Venegas, G. E., (2016). EL cultivo de cebada en el estado de Tlaxcala. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. *Instituto nacional de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central Campo Agrícola Experimental "Valle de México"*, Vol. 6 (Núm. 1), P. 3.

Sánchez, M. E. (2008). Impactos sociales del cambio climático en México. Boletín Mexicano de Derecho comparado, Vol. 18 (Núm. 1), Pp. 10.

Tiscornia, G. & Cal, A., (2016) . Análisis y caracterización de la variabilidad climática en algunas regiones de Uruguay. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*, Vol. 42 (Núm. 1), Pp. 66 - 71.

Watson, R., Zinyowera, M., Moss, R. & Dokken, D., (1997). The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment for Vulnerability. *Summary for Policymakers*, Vol. 3 (Núm. 2), P. 16.

