



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO
FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y
REGIONAL



**“RESILIENCIA EN LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS DE HORTALIZAS
EN EL EJIDO DE SAN FRANCISCO PUTLA”**

TESIS:

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

YARAVIT MEDINA SUÁREZ

DIRECTORES DE TESIS:

DRA. BELINA GARCÍA FAJARDO

DR. GUSTAVO ÁLVAREZ ARTEAGA

Toluca de Lerdo, Estado de México, Noviembre, 2021

Índice

Resumen	9
Introducción	10
Planteamiento del problema	12
Pregunta de investigación.....	15
Hipótesis.....	15
Objetivos.....	16
Objetivo general	16
Objetivos particulares.....	16
Capítulo 1- Marco teórico conceptual.....	17
1.1 Agricultura en México	17
1.1.1 Agricultura de temporal.....	19
1.1.2 Agricultura de riego.....	19
1.2 Hortalizas	20
1.2.1 Agricultura de hortalizas	21
Clasificación de las hortalizas	22
Clima	23
Suelo	25
Potencial de hidrógeno (pH)	27
1.3 Resiliencia	28
1.3.1 Social	28
1.3.2 Ecológica.....	29
1.3.3 Resiliencia socio-ecológica.....	30
“La resiliencia como estabilidad	31

La resiliencia como recuperación.....	31
La resiliencia como transformación.....	31
1.4 Resiliencia de los sistemas agrícolas.....	32
1.5 Elementos de la resiliencia de sistemas agrícolas.	35
1.5.1 Elemento ecológico	35
Biodiversidad.....	35
Suelo	35
Densidad aparente	36
Densidad real	37
Porosidad	38
Potencial de hidrógeno (pH)	38
Textura de suelo.....	40
Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	40
Materia orgánica del suelo.....	41
Nitrógeno, Fósforo y Potasio.....	42
1.5.2 Elemento social	43
Prácticas agrícolas	43
Conservación de la cobertura del suelo.....	44
Cosecha de agua.....	45
Prácticas de manejo de hortalizas.....	45
Labranza.....	46
1.6 Variabilidad climática y la resiliencia de sistemas agrícolas.....	49
1.7 Eventos climáticos extremos	50
Sequias	50
Heladas	51

Granizadas	51
Capítulo 2- Metodología.....	53
2.1 Diseño metodológico de la investigación	53
2.1.1 Metodología para la recolección de muestras y análisis de suelo	55
2.1.2 Análisis de laboratorio.....	55
2.1.3 Variables.....	58
2.2. Caracterización del caso de estudio: San Francisco Putla, Tenango del Valle	59
2.2.1 Localización.....	59
2.2.2 Vegetación	61
2.2.3 Hidrología	63
2.2.4 Clima	64
2.2.5 Edafología	66
2.2.6 Geología.....	68
2.2.7 Aspectos sociales.....	70
Capítulo 3- Resultados y discusión	71
3.1 Datos climáticos	71
3.2 Eventos climáticos extremos	73
3.3 Análisis fisicoquímicos del suelo.....	76
3.4 Prácticas agrícolas en los cultivos de hortalizas	78
3.5 Análisis y discusión de resultados	90
Capítulo 4- Conclusiones y recomendaciones	106
Referencias	110

Lista de figuras

Figura 1: Cultivos de hortalizas en el ejido de San Francisco Putla.....	21
Figura 2: Cultivos de fruto (haba), bulbo (cebolla), hoja (espinaca) y flor (coliflor) en el ejido de San Francisco Putla.....	23
Figura 3: Adaptación de hortalizas de acuerdo a la temperatura.....	24
Figura 4: Adaptabilidad de las hortalizas de acuerdo con los tipos de textura del suelo ...	26
Figura 5: Evaluación de la densidad aparente en función de la textura del suelo.....	37
Figura 6: Clases texturales en el suelo de acuerdo a su granulometría	40
Figura 7: Labranza de tiro animal en el ejido de San Francisco Putla	46
Figura 8: Estrategias para construir resiliencia en una comunidad agrícola basada en prácticas agroecológicas y una gestión de manejo de recursos naturales	52
Figura 9 : Muestreos de la zona de estudio.....	54
Figura 10: Trabajo o procesos en laboratorio ULCA	56
Figura 11: Metodología de investigación.....	57
Figura 12: Ubicación geográfica del sitio de estudio en el contexto municipal.....	60
Figura 13: Zona de estudio (localidad de San Francisco Putla).....	61
Figura 14: Análisis de vegetación mediante una clasificación supervisada	62
Figura 15: Análisis de uso de suelo de la localidad de San Francisco Putla.....	63
Figura 16: Hidrología de San Francisco Putla.....	64
Figura 17: Clima de San Francisco Putla	66
Figura 18: Grupos de suelo presentes en San Francisco Putla.....	67
Figura 19: Geología de la localidad de San Francisco Putla	69
Figura 20 : Precipitación de 2007 a 2017 de San Francisco Putla	72
Figura 21: Temperatura de 2007 a 2017 de San Francisco Putla	72
Figura 22: Precipitación mensual del año 2010 de San Francisco Putla	73

Figura 23: Precipitación mensual del año 2011 de San Francisco Putla	74
Figura 24: Precipitación mensual del año 2015 de San Francisco Putla	75
Figura 25: Granizo mensual de 2007 a 2017 San Francisco Putla	75
Figura 26: Calendario de siembra de maíz elotero.....	82
Figura 27: Calendario de siembra de chícharo.....	83
Figura 28: Calendario de siembra de brócoli/hortalizas	84
Figura 29: Precipitación mensual de 2010, 2011 y 2015	91

Lista de tablas

Tabla 1: Superficie empleada en las actividades agropecuarias	18
Tabla 2: Clasificación de las hortalizas por grupos.....	22
Tabla 3: Hortalizas y los intervalos de pH	27
Tabla 4: Valores de la composición mineralógica del suelo.....	38
Tabla 5: Criterios de pH	39
Tabla 6: Valores de CIC.....	41
Tabla 7: Criterios sobre MOS.....	42
Tabla 8: Variables de investigación.....	58
Tabla 9: Superficie y porcentaje de los grupos de suelo en San Francisco Putla	68
Tabla 10: Propiedades físicas del suelo de San Francisco Putla	76
Tabla 11: Propiedades químicas del suelo de San Francisco Putla	77
Tabla 12: Información general del cultivo de hortalizas desde la perspectiva del productor	79
Tabla 13: Técnicas de manejo de los suelos agrícolas y las mejores prácticas para los cultivos de hortalizas.....	80

Tabla 14: Agroquímicos usados en los sitios muestreados de hortalizas de acuerdo con los productores de San Francisco Putla	81
Tabla 15: Mano de obra familiar disponible de los productores de hortalizas entrevistados	85
Tabla 16: Principal problema de los cultivos de hortalizas desde la percepción de los productores en San Francisco Putla	86
Tabla 17: Percepción de los productores sobre los eventos climáticos que afectan los cultivos de hortalizas en San Francisco Putla	87
Tabla 18: Percepción de los productores, riesgo o pérdida por evento climático y respuestas	88
Tabla 19: Respuestas ante la presencia de eventos climáticos con riesgo a afectar los cultivos de hortalizas desde la percepción de los productores	89
Tabla 20: Elementos y amenazas de la resiliencia en los sistemas agrícolas de San Francisco Putla	99
Tabla 21: Acciones de respuesta ante a la variabilidad o eventos climáticos extremos .	101
Tabla 22: Elementos que le permiten a la resiliencia: Resistir, Adaptarse y Transformarse	102

Resumen

Actualmente los sistemas agrícolas están siendo afectados por la variabilidad climática. Esta investigación aborda la resiliencia en los sistemas agrícolas de hortalizas en el ejido de San Francisco Putla, donde su principal actividad económica es la agricultura. El objetivo de esta investigación es analizar los elementos que influyen en la resiliencia en los sistemas hortícolas en esta localidad.

La metodología emplea un caso de estudio mediante el análisis de datos climáticos, características del suelo y prácticas de manejo. Se inició con la caracterización del área de estudio. Respecto al trabajo de campo, se realizaron 11 muestreos de las parcelas dedicadas a cultivos de hortalizas con y sin riego, se llevaron a cabo estudios fisicoquímicos de las muestras en laboratorio. Por otra parte, se realizaron cinco encuestas a actores clave para obtener información acerca de los cultivos de hortalizas, sus prácticas de manejo y calendarización de actividades, conservación, problemas y respuestas locales ante la presencia de eventos climáticos extremos. Para analizar la amenaza, se caracterizó de manera general las variables climáticas de precipitación y temperatura del 2007 al 2017 a través de datos CONAGUA. Finalmente, se integraron los elementos y se categorizaron tres escenarios de resiliencia: resistencia, adaptación y transformación.

Los resultados nos indican que existe una variabilidad climática año con año, en particular en el incremento de la temperatura, presencia de sequías y eventos extremos de precipitación y granizo, que son las que más afectan de acuerdo con la perspectiva del campesino. Las características del suelo nos indican problemas de acidez, bajo intercambio de nutrientes del suelo a la planta y una necesidad de fósforo. Las prácticas de manejo son de forma tradicional con importancia en las actividades de abonado, labranza y conservación de suelo. Se observan algunas respuestas para minimizar los impactos de los eventos climáticos en los cultivos como cambios de fechas, abonado y uso de pirotécnica, entre otras. Se concluye que los elementos de resiliencia de los sistemas agrícolas de hortaliza en San Francisco Putla permiten que se presente principalmente procesos de resistencia ante los eventos extremos, de adaptación de las prácticas de manejo y en menor medida de transformación.

Introducción

“La agricultura no es un sector aislado, sino que se interrelaciona con otros sectores y contribuye al crecimiento mediante: la absorción de mano de obra, principalmente la no calificada y rural; la generación de divisas; el uso y conservación de recursos naturales; la generación de capital de inversión; y fuertes encadenamientos, por ejemplo, con el comercio” (IICA, 2001:2).

En 2015 México se posicionó en el noveno lugar como productor de hortalizas en el mundo (SIAP, 2016). El cultivo de hortalizas es producto de una transformación agrícola del cultivo de maíz hacia éstos, debido a factores tales como las características de los suelos, la demanda del mercado, la variabilidad climática, entre otras. Bustos (2017) menciona que “la fortaleza y el dinamismo de la producción de frutas y hortalizas en México se asocian, entre muchos otros factores, a la ventaja dada por condiciones climatológicas idóneas para el cultivo de estos productos”.

El tema seleccionado en esta investigación aborda un caso de estudio de los sistemas agrícolas de hortalizas en la comunidad de San Francisco Putla, ubicada en el municipio de Tenango del Valle, Estado de México, donde el 54 por ciento de la población se dedica al sector primario (agricultura principalmente) (Foro-Mexico, 2005), por lo cual la agricultura es importante dentro del sector económico y social.

La importancia de la agricultura y los elementos que afectan la resiliencia de los sistemas de producción como la variabilidad climática, eventos climáticos extremos, prácticas de manejo, cambios de cultivo, características de sus suelos (físicoquímicas). Este trabajo aborda que elementos influyen en el sistema agrícola de hortalizas que permiten ser resiliente en este ejido. Se identifica de manera cualitativa las estrategias de los agricultores para resistir, adaptar o transformar su sistema de producción ante la presencia de perturbaciones.

La tesis se conforma de cuatro capítulos. En el primero se integran algunos de los conceptos utilizados en la investigación con el fin de entender los procesos que se generan en relación con la agricultura, elementos que influyen en ella y resiliencia.

El segundo capítulo presenta la metodología empleada para el desarrollo de la investigación, la caracterización general del sitio de estudio con el fin de identificar las características de la zona y los elementos que influyen en la resiliencia agrícola.

El tercer capítulo aborda los resultados y discusión de resultados obtenido de la metodología de estudio, por último, en el cuarto capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones.

Planteamiento del problema

A nivel internacional la agricultura es una de las principales actividades de sustento para la población y la erradicación de pobreza en el mundo, sin embargo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2000), señala que la actividad agrícola en el siglo pasado tuvo diferentes fases de crisis y de auge, sufrió masivas devastaciones durante la segunda guerra mundial logrando una fuerte caída de la producción y al término de ésta, se vivieron condiciones de hambrunas generalizadas, lo cual generó que se desarrollara e invirtiera en el sector agrícola dando pauta a la revolución verde.

Ceccon (2008: 21-29) identifica dos etapas de la revolución verde. La primera etapa se desarrolló en la década de los 50's, se enfocó "como principal soporte [en] la selección genética de nuevas variedades de cultivo de alto rendimiento, asociada a la explotación intensiva permitida por el riego y el uso masivo de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas, tractores y otra maquinaria pesada; La [segunda etapa o] nueva revolución verde" tuvo lugar en la década de los 90s, el principal aspecto fue la creación de organismos genéticamente modificados (OMG) que han desplazado a variedades de cultivo nativas.

Gutiérrez Galeano, Ruiz Medrano y Cázares (2015) menciona que la biotecnología agrícola y en particular los cultivos genéticamente modificados (GM) no representan por sí solos una solución a la agricultura y la producción agroalimentaria en el mundo, pero si son integrados en los actuales sistemas de producción y con buenas prácticas agrícolas, podrían contribuir a disminuir la diferencia entre la alta demanda de alimentos y la mediana o baja productividad de algunos cultivos y suelos agrícolas. Por lo que este tipo de agricultura sigue teniendo el objetivo de satisfacer la creciente demanda de alimentos como resultado del aumento población mundial, *la cual en 2017 alcanzaba los 7,600 millones de personas y la cual se estima alcanzará los 8,600 millones para el año 2030* (ONU, 2017).

La CEPAL (2016) menciona que "la población latinoamericana [creció] hasta sumar 512 millones en 2000 y se calcula que alcanzará 680 millones en 2025 y 779 millones en 2050"; Sin embargo, en América Latina y el Caribe (ALC), se presenta cruciales problemas como la pobreza y también la inseguridad alimentaria por ello se sigue impulsando la producción

de la agricultura bajo la influencia de cultivos genéticamente modificados, el uso de maquinaria tecnificada y aplicación de agroquímicos. La “agricultura en la región [ALC] ha sido históricamente la principal actividad económica, y sigue siendo un pilar de crecimiento económico, en términos de trabajo, comercio interno (al ser responsable de la producción de la mayor parte de los alimentos para el consumo interno de la región), y generación de divisas a través de las exportaciones. Es igualmente un sector fundamental para aliviar la pobreza en la región y alcanzar un desarrollo territorial equilibrado que garantice la sostenibilidad ambiental del territorio” (FAO, 2014).

En el caso particular de México, el “cultivo del maíz es el de mayor presencia e importancia desde un punto de vista alimentario y/o industrial como político-social” (InfoAgro, 2016). En 2015 “México se posicionó [también] en el [noveno] lugar como productor de hortalizas en el mundo, al alcanzar una producción de 14.1 millones de toneladas de una amplia variedad de especies de este alimento que se desarrolla a lo largo y ancho del territorio nacional; Esta cifra fue 6% superior a lo alcanzado en el año anterior” (SIAP, 2016). Bustos (2017) menciona que “la fortaleza y el dinamismo de la producción de frutas y hortalizas en México se asocia, entre muchos otros factores, a la ventaja dada por condiciones climatológicas idóneas para el cultivo de estos productos. Asimismo, la incorporación de distintas tecnologías ha ayudado al correcto desarrollo de los productos y a la mitigación de diversos riesgos”.

Aunado a lo anterior, la presencia de un cambio climático está afectando directa e indirectamente a la agricultura, actualmente se presentan “cambios en los regímenes de lluvias, [los cuales] aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo” (Nelson *et al.*, 2009) “y a la vez provoca la proliferación de plagas” (García y Córdoba, 2013); empero, “algunos cultivos en ciertas regiones del mundo pueden beneficiarse [por dichos cambios], en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura” (Nelson *et al.*, 2009).

Otros factores climáticos como sequías prolongadas en el campo mexicano tuvieron consecuencias tanto en la producción agrícola como en la ganadera en 28 de las 32 entidades del país en 2012, donde se presentaron “lluvias muy intensas principalmente en la porción del sureste mexicano, y prolongadas sequías en el norte del país” (UNAM, 2012: 69-72).

Wilhite y Glantz (1985); citados en Magaña *et al* (2018: párr 1), menciona que “la sequía meteorológica (entendida como la condición en que las lluvias acumuladas en una estación o en un periodo más largo están significativamente por debajo de lo normal) [resulta, con frecuencia, en sequía agrícola, hidrológica o socioeconómica. El recurso hídrico es un elemento de gran importancia mundial ya que] el crecimiento de la demanda de agua, su contaminación, [el] clima cambiante y las alteraciones en los ecosistemas que regulan el ciclo hidrológico son algunos de los factores que han llevado a una crisis hídrica a nivel mundial [que afecta a la población, ambiente y economía. Magaña *et al* (2018) menciona que] una sequía meteorológica impacta a la agricultura cuando el agua disponible es insuficiente para producir”.

La disponibilidad del recurso hídrico ha tenido influencia en la agricultura tanto de temporal como de riego, por ejemplo, “México cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas de las cuales 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria” (FAO, 2009:36), de las cuales “27.5 millones [son] de superficie agrícola, el 81.5% corresponde a superficie sembrada o plantada, mientras que el 18.5% no lo está. Asimismo, de los [27.5 millones de hectáreas de] superficie agrícola el 20.3 % (5.6 millones de hectáreas) es de riego y el 79.7% restante (21.9 millones de hectáreas) de temporal” (ENA, 2014).

Otro factor que influye en la agricultura es el uso de agroquímicos. Meneses (2017) argumenta que “con el tiempo el uso de agroquímicos ha demostrado ser inadecuado porque contribuye a la contaminación del suelo”. Cuando los agroquímicos “se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos, o cuando se eliminan por acción del agua o del viento de la superficie del suelo antes de que puedan ser absorbidos” (FAO, 2002:74).

Se desconoce con precisión los elementos que hacen que un sistema agrícola se adapte o resista a los cambios climáticos (regímenes de lluvia) o antrópicos (uso de pesticidas), lo que hace suponer que los sistemas se adaptan a estos shocks por lo que esta adaptación, se denomina resiliencia y cuando se menciona sistema resiliente hablamos de la capacidad de estas zonas para resistir, adaptarse o transformarse ante diferentes eventos.

En particular, se aborda un caso de estudio de resiliencia en sistemas agrícolas de hortalizas en el ejido de San Francisco Putla, donde el 54% de la población se dedica al sector primario (agricultura principalmente) (Foro-México, 2005). De acuerdo con un

productor de la zona, comenta que los cultivos han tenido un cambio de sistemas agrícolas de maíz seco a hortalizas en los últimos años, principalmente por los precios bajos de este producto y el incremento en el costo de la producción agrícola. Ya que el sistema tradicional de maíz duro se ha vuelto más vulnerable ante eventos climáticos, sobre todo en los periodos de desarrollo de la siembra ya que requieren mayor demanda en el consumo de agroquímicos por la necesidad de mantener una productividad media agrícola y por controlar las plagas que se presentan con mayor incidencia en los cultivos cada año; lo cual ha fomentado en los agricultores realizar un cambio en los cultivos tradicionales que realizan (maíz seco) por cultivos de hortalizas (entrevista actor clave). Por ello esta investigación plantea analizar y poder identificar cuáles son los elementos que intervienen en la resiliencia de los sistemas agrícolas de hortaliza del ejido de San Francisco Putla.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los elementos que influyen en la resiliencia de los sistemas agrícolas de hortalizas del ejido de San Francisco Putla?

Hipótesis

Los elementos que determinan la resiliencia en los sistemas agrícolas de hortalizas en el ejido de San Francisco Putla son las prácticas agrícolas y las características del suelo.

Objetivos

Objetivo general

- Analizar los elementos que influyen en la resiliencia de los sistemas agrícola de hortalizas en el ejido de San Francisco Putla mediante el análisis de datos climáticos, las características del suelo y prácticas de manejo.

Objetivos particulares

- Caracterizar la variabilidad climática y presencia de eventos climáticos que afectan la productividad de los sistemas hortícolas.
- Describir las características fisicoquímicas del suelo de los sistemas hortícolas de la zona de estudio del ejido de San Francisco Putla mediante su análisis.
- Identificar el elemento social de los sistemas agrícolas hortícolas que influyen en la resiliencia por medio del análisis de las prácticas agrícolas desarrolladas por los productores agrícolas
- Reconocer los elementos de la resiliencia de los sistemas agrícolas de hortaliza en el ejido de San Francisco Putla en términos de la resistencia, adaptación y transformación.

Capítulo 1- Marco teórico conceptual

1.1 Agricultura en México

“La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010) ha enfatizado que la agricultura debe someterse a una transformación profunda para responder a los retos relacionados con la seguridad alimentaria y dar respuesta a los efectos del cambio climático global (CCG). Ello requiere implementar una serie de prácticas, enfoques y herramientas dirigidas a aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas y de su producción y simultáneamente reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esto permitiría transitar hacia una agricultura climáticamente inteligente (FAO, 2010). Un modelo de producción agrícola inteligente requiere estrategias de fertilización sostenibles, es decir, que mantengan y/o incrementen la producción sin dañar el ambiente ni la salud humana, para asegurar la autosuficiencia” citados por Etchevers, Saynes y Sánchez (2016: 68-69).

La “agricultura es un modo de subsistencia con más de diez mil años de antigüedad, la práctica de ella es posible en gran parte de nuestro planeta, siempre que cuente con las características físicas del suelo, clima, agua y sobre todo exista un sistema socio cultural que permita su viabilidad. La actividad agrícola se ve compuesta con la práctica de otras actividades de manera complementaria, como es el caso de la actividad ganadera, la producción artesanal, el comercio, etc.” (Barfield, 2000, p. 30). “Un sistema de producción agrícola se entiende como el conjunto de técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas. Estos sistemas, complejos y dinámicos, están fuertemente influenciados por el medio rural externo, incluyendo mercado, infraestructura y programas” (Vargas, 2017:4).

Castellanos y Morales Pérez (2016:24) definen a “la agricultura, como el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra, comprende los diferentes trabajos del tratamiento del suelo y los cultivos, por lo que incluye todo un conjunto de acciones humanas que transforma el medioambiente natural”. No obstante, esta transformación no debe significar el agotamiento o deterioro de los recursos

naturales necesarios para esta actividad económica. [Sin embargo], los patrones irracionales de la producción y el consumo agrícolas han provocado, entre otros factores, el deterioro del medioambiente natural. Como resultado, el estado de este último está limitando los presentes y futuros ritmos de crecimiento del sector agrícola al afectar la tierra, medio de producción fundamental de la agricultura”.

“La agricultura en México es considerada como una de las actividades económicas con mayor relevancia, ya que genera empleos en el país; es fuente de la alimentación primaria de la población” (Hidroponía, 2015).

En México existe una diversidad de sistemas de producción dedicados a la agricultura, en los últimos años el país ha registrado un aumento en la actividad agrícola de acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA), donde se puede apreciar que en 2017 se contaba con 32.4 millones de hectáreas destinadas a superficie agrícola, de las cuales el 21 % (6.8 millones de hectáreas) contaban con riego y el 79 % (25.5 millones de hectáreas) restante depende del agua de lluvia para su desarrollo (de temporal) (ENA, 2017:8).

Tabla 1: Superficie empleada en las actividades agropecuarias

Estratos de superficie	Superficie en hectáreas			
	ENA 2014	%	ENA 2017	%
Superficie agrícola de las UP	27 496 118	100	32 406 237	100
Superficie de riego	5 576 992	20.3	6 810 762	21
Superficie de temporal	21 919 126	79.7	25 595 475	79

Fuente: INEGI, Encuesta Nacional Agropecuaria (2017)

“La agricultura depende en gran medida de los recursos hídricos y las condiciones climáticas, especialmente en las regiones del mundo sensibles a las amenazas climáticas, situaciones económicas y sociales inestables, y vulnerables a los cambios en los factores medioambientales. Otros factores como el amortiguamiento tecnológico contra la sequía y las inundaciones es menos avanzado, y factores

físicos afectan la producción (los suelos, [orografía y] el clima) son menos propicios para la agricultura. [En consecuencia,] la producción de cultivos es [susceptible] a fluctuaciones [climáticas cada] año. Las plagas que afectan a los cultivos también dependen del clima y tienden a causar más daños en los países con un nivel tecnológico más bajo” (UNFCCC, s.f.:2).

1.1.1 Agricultura de temporal

Se puede definir a la agricultura de temporal como: “*cuando el agua necesaria para su desarrollo vegetativo es suministrada por la lluvia, y se aplica en aquellos sistemas de producción donde el ciclo vegetativo de los cultivos depende del agua de lluvia, por lo que su éxito está en función de la cantidad de precipitación y de la capacidad del suelo para retener el agua*” (INEGI, 2017:23).

“En términos generales se distinguen dos tipos de sistemas de aprovechamiento de la lluvia en la agricultura de temporal que son (Verhulst, 1992):

- Temporal de medio riego, en el que se aprovechan los escurrimientos a escala de cuencas o microcuencas hidrológicas. Este sistema, aunque dependiente del patrón de lluvia, no está ciento por ciento sometido a la lluvia de temporal, ya que permite su regulación y distribución dentro de las unidades de producción.
- El temporal *in situ*, donde la actividad agrícola depende únicamente de las lluvias que ocurren en las unidades de producción, o de los eventuales escurrimientos que puedan ocurrir” citado por Voisin y Oronona Castillo, (1993:273).

1.1.2 Agricultura de riego

Se puede definir a la agricultura de riego como:

“Cuando el suministro de agua utilizada para su desarrollo es obtenida por fuentes externas, por ejemplo, una presa, un pozo, etcétera, y esos agrosistemas utilizan agua suplementaria para el desarrollo de los cultivos durante el ciclo agrícola, por lo que su definición se basa principalmente en la manera de cómo se realiza la aplicación del agua, por ejemplo la aspersion, goteo, o cualquier otra técnica, es el

caso de agua rodada (distribución del agua a través de surcos o bien tubería a partir de un canal principal y que se distribuye directamente a la planta), por bombeo desde la fuente de suministro (un pozo, por ejemplo) o por gravedad cuando va directamente a un canal principal desde aguas arriba de una presa o u cuerpo de agua natural” (INEGI, 2017:23).

Aunque en México “existen regiones donde la agricultura de temporal es exitosa, se estima que en general la agricultura de riego en cultivos como maíz grano, sorgo grano, trigo y frijol es de 2 a 3 veces más productiva que la de temporal, por ejemplo, la importancia de la agricultura de riego en 2014 se estimó con un valor total de la producción agrícola de \$238 559 104.00 de los cuales 64% (\$152 310 412.00) correspondía a la producción bajo riego y tan sólo 36% (\$86 248 692.00) eran de agricultura de temporal, considerando que la superficie cosechada de riego ese año fue de 4 119 605 hectáreas, mientras que la superficie cosechada de temporal fue de 10 980 356 hectáreas” (Palacios, 2016:8).

1.2 Hortalizas

“El término hortaliza es usado para referirse a un grupo bastante numeroso de plantas herbáceas cultivadas, de características muy variables entre ellas, y que pueden consumirse directamente sin necesidad de cocción o procesamiento industrial” (Contreras Mamani, 2012:29). Mamani (2014:24) define también a las hortalizas como “aquellas partes de los vegetales en estado fresco, que bien crudas, conservadas o preparadas en diversas formas, se utilizan directamente para el consumo humano (zanahoria, cebolla, tomate, pimiento, etc.). El termino hortaliza incluye a las verduras y excluye a las frutas y a los cereales”.

Las hortalizas son consideradas por “la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como el séptimo producto de mayor producción en el mundo, con más de 275 millones de toneladas anuales” (FAOSTAT 2015; citado por CEDRSSA, 2020:3).

La producción de hortalizas, en México produce “alrededor de 70 diferentes variedades, esto gracias a la amplia diversidad de climas y condiciones ambientales que favorecen el

potencial productivo del país, lo que permite tener una extensa gama de productos en diferentes épocas del año (2000AGRO, 2019).

De acuerdo con el Atlas Agroalimentario del SIAP, los tipos de hortalizas en México [las cuales] se clasifican en la siguiente” sección.

1.2.1 Agricultura de hortalizas

En la década de “1990 a 2010 la productividad agrícola en México apenas ha crecido un 1.5% anual. Se observa una mayor dinámica en los productos orientados hacia el mercado externo, mientras que los cultivos de la dieta diaria de los mexicanos registran una tendencia descendente. Los rendimientos de los principales cultivos muestran a los frutales con el mayor aumento, con 5.6%, seguido de las hortalizas con 4.3%” (FAO y SAGARPA, 2012:19)

Entre 2015 y 2017 “se ha reducido la superficie de cultivo de maíz hasta en 15 por ciento, pues se ha sustituido por otros productos que muestran un ciclo más corto, como las hortalizas; [Otro] factor por el cual se decide cambiar de siembra es porque el precio del maíz ha sido variable y se redujo a entre 30 y 50 centavos” (Bernal, 2017).

Figura 1: Cultivos de hortalizas en el ejido de San Francisco Putla



Fuente: Trabajo de campo (2021)

Clasificación de las hortalizas

“El Sistema Nacional de Información Agroalimentaria y Pesquera, clasifica las hortalizas por las partes que son comestibles de la planta, existiendo cinco grupos: la primera, las de raíz caracterizadas por ser plantas de órganos ramificados y vegetativos que se desarrollan debajo de la tierra, teniendo como función principal la absorción del agua y nutrientes que se encuentran en el suelo, misma que se incorporan a la planta.

En el segundo grupo están las hortalizas de flor o coles, siendo ejemplo precisamente la coliflor y el brócoli; el tercer grupo son las hortalizas de hoja, las cuales tienen un alto contenido de vitaminas A, C, complejo B, E y K, además de aportar calcio y hierro; el cuarto grupo son las de bulbos que tienen un tallo corto formado por hojas carnosas las cuales ayudan a la planta al almacenamiento de nutrientes para su crecimiento, y son de forma redonda u ovalada, contienen minerales, vitaminas y fibra; los bulbos más conocidos son el ajo y la cebolla, alimentos utilizados en la mayoría de las cocinas mexicanas; finalmente, el grupo de frutos caracterizadas por tener consistencia de piel gruesa tales como el tomate y la calabaza” (CEDRSSA, 2020:2).

Tabla 2: Clasificación de las hortalizas por grupos

Raíz	Flor - coles	Hojas	Tallos bulbos	Frutos
Zanahoria	Coliflor	Apio	Ajo	Tomate
Rabo	Brócoli	Perejil	Cebolla	Pepino
Nabo	Alcachofa	Acelga	Papa	Pimiento
Betabel		Espinaca		Berenjena
		Lechuga		Haba
				Ajías

Fuente: CEDRSSA (2020)

Figura 2: Cultivos de fruto (haba), bulbo (cebolla), hoja (espinaca) y flor (coliflor) en el ejido de San Francisco Putla

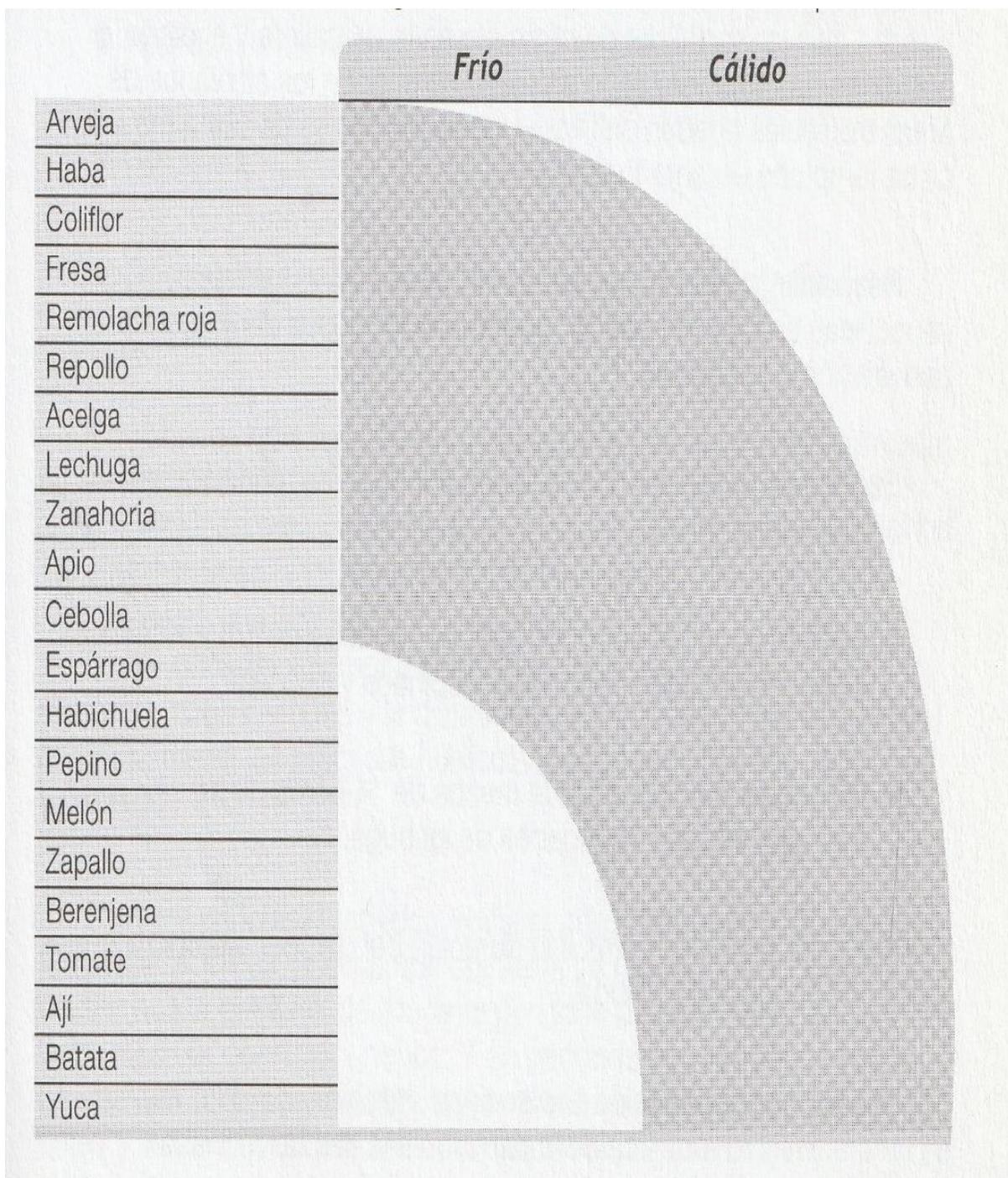


Fuente: Trabajo de campo (2021)

Clima

De acuerdo a Van Haeff y Berlijn (2015:25-26) “La mayoría de las hortalizas crecen bien en climas con temperaturas promedio entre 10 y 30 °C [la siguiente Figura 3], muestra la adaptación de estos cultivos a diferentes temperaturas:

Figura 3: Adaptación de hortalizas de acuerdo a la temperatura



Fuente: Van Haeff y Berlijn (2015)

La parte sombreada de la figura indica los rangos de temperatura a los que cada hortaliza se adapta mejor.

Las hortalizas exigen diferentes temperaturas promedio de acuerdo con su desarrollo, Por ejemplo, la temperatura óptima del suelo para la germinación práctica del tomate varía entre 20 y 25 °C. Sin embargo, el mejor desarrollo vegetativo se obtiene con una temperatura del suelo de aproximadamente 15 °C. La temperatura óptima del aire para la fecundación de la flor de tomate varía entre 20 y 25 °C, pero la temperatura adecuada para la maduración es de 17 °C.

Por tanto, las exigencias de cada hortaliza deben coincidir con las temperaturas prevalentes en la huerta para implantar tal o cual cultivo. Además, las variaciones de la temperatura durante el año determinan la época en la que se debe producir”.

Suelo

Los suelos arenosos son ligeros y con buen drenaje, propicios para el cultivo, pero pobres de nutrientes, por lo que deberá de fertilizarse. Están compuestos por arenas, más o menos gruesas, de color grisáceo, con poca cohesión y excesivamente permeable, por lo cual no pueden retener por mucho tiempo el agua y los nutrientes se pierden fácilmente (Van Haeff y Berlijn, 2015:28).

Por otra parte, los suelos arcillosos son compactos, ricos en nutrientes, pero con drenaje lento, reteniendo en exceso la humedad. Pueden mejorar su desempeño agregando arena gruesa, composta y mantillo. Estos suelos están compuestos de materiales de granulometría fina, en ocasiones de colores rojizos (presencia de hierro), o amarillentos (materiales calcáreos) y con densidades aparentes elevadas (alto peso específico). Al presentar texturas finas, generalmente son poco aireados y cuentan con drenaje deficiente (Van Haeff y Berlijn, 2015:28).

La adaptación de las hortalizas a diferentes suelos es relativamente amplia. La Figura 4 indica la adaptabilidad de hortalizas a diferentes tipos de suelo (Van Haeff y Berlijn, 2015:29)

Figura 4: Adaptabilidad de las hortalizas de acuerdo con los tipos de textura del suelo

	Franco Arcilloso	Franco limoso	Franco arenoso	Arenoso	Limoso
Apios					
Camote					
Haba					
Perejil					
Zanahoria					
Hinojo					
Jícama					
Lechuga					
Acelga					
Achicoria					
Albahaca					
Berenjena					
Chalote					
Espinaca					
Remolacha roja					
Ruibarbo					
Salsifí negro					
Alcachofa					
Fresa					
Name					
Quimbombó					
Tomate de cáscara					
Ajo					
Cebolla					
Chayote					
Chile					
Chirivía					
Habichuela					
Puerro					
Rábano					
Yuca					
Coles					
Mostaza					
Nabo					
Endivia					
Espárrago					

Fuente: Van Haeff y Berlijn (2015)

Potencial de hidrógeno (pH)

La condición de acidez o basicidad del suelo (pH) es fundamental para la disponibilidad y adsorción de nutrientes por las raíces de los cultivos. Se considera que un rango óptimo para que las plantas adquieran los nutrientes fluctúa entre 6 y 8, por lo que variaciones mayores pudieran tener efectos en el desarrollo de los cultivos (Trillas, 2018:14-15). De acuerdo a Trillas (2018:14-15), los valores de pH óptimo para los principales cultivos de hortaliza se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Hortalizas y los intervalos de pH

Hortaliza	Intervalo de pH	Hortaliza	Intervalo de pH
Apio	6.1-7.4	Lechuga	5.8-7.2
Betabel	6.0-7.6	Maíz	5.5-7.5
Brócoli	6.0-7.2	Nabo	5.7-6.7
Calabaza	5.6-6.8	Pimiento	6.3-7.8
Cebolla	6.0-7.2	Rábano	6.1-7.4
Coliflor	6.0-7.2	Tomate	5.8-7.2
Espárrago	6.3-7.5	Zanahoria	5.7-7.0
Chícharo	5.9-7.3		

Fuente: Trillas (2018)

1.3 Resiliencia

“El concepto de “resiliencia” proviene de término latino *resilium*, que significa “volver atrás”, “volver de un salto”, “volver al estado inicial”, “rebotar”; Originariamente fue usado para referirse a la cualidad de elasticidad y plasticidad de una sustancia “(Greene y Conrad, 2002 citados por Villalba, 2003:284), por lo cual López (2002) menciona que “la resiliencia es un término que proviene de la física y se refiere a la capacidad de un material de recobrar su forma original después de haber estado sometido a altas presiones”.

El termino resiliencia es utilizado en diferentes disciplinas como la ingeniería, la psicología, administración de empresas. “Por extensión, la resiliencia podría representarse como la modificación que sufre un objeto que recibe un impacto” (Uriarte, 2010), la capacidad para sobreponerse y en ocasiones de volver a sufrir otra modificación. Han prevalecido las discusiones sobre la resiliencia con enfoque social, ecológicos y recientemente socioecológico. El concepto de resiliencia puede describirse desde tres enfoques:

1.3.1 Social

Existen diversas definiciones del término resiliencia en las áreas sociales, estas dependen de los autores y su enfoque teórico; por ejemplo, American Heritage Dictionary (1994, citado por Villalba (2003:284), menciona que la resiliencia social es “la habilidad para recuperarse rápidamente de la enfermedad, cambio o infortunio; En la psicología, la palabra resiliente ha sido generalmente aplicada a las personas que se sobreponen a las dificultades”. “Las ciencias sociales sugieren que una persona es resiliente cuando logra sobresalir de presiones y dificultades que en su lugar otra persona no podría desarrollar” (Trujillo, s.f.:1).

Las ciencias sociales incorporaron el término a partir de los años 80 para describir “a personas capaces de desarrollarse psicológicamente sanos a pesar de vivir en contextos de alto riesgo. Se refiere tanto a los individuos en particular como a los grupos familiares o colectivos que son capaces de minimizar y sobreponerse a los efectos nocivos de las adversidades y los contextos desfavorecidos y deprivados socioculturalmente, de recuperarse tras haber sufrido experiencias notablemente traumáticas, en especial catástrofes naturales, epidemias, guerras civiles, deportaciones, campos de concentración” (Rutter, 1993, Werner, 2003; citados por Uriarte, 2010:688).

1.3.2 Ecológica

“En ecología el término describe la capacidad de ciertos ecosistemas para absorber y adaptarse a los cambios, manteniendo su estado habitual de funcionamiento” (Uriarte, 2010:688).

Otra definición de resiliencia argumenta que es:

“la capacidad de un ecosistema de aguantar choques externos y reorganizarse mientras cambia, para poder retener esencialmente la misma función, estructura, identidad y mecanismos de retroalimentación (Scotti, 2010: párr. 3). [Se considera que] el concepto de resiliencia emergió cuando los ecólogos empezaron a preguntarse por qué ciertos ecosistemas colapsaban al sufrir perturbaciones mientras otros no. Los descubrimientos hechos nos ayudan a comprender de qué maneras los sistemas pueden adaptarse y prosperar, al tiempo que se adaptan al cambio” (Scotti, 2010).

Hernández, Urcelai y Pastor (2002.:2-3) menciona que los “ecólogos también distinguen dos aspectos en esta respuesta frente a la perturbación: la capacidad del sistema a resistir el desplazamiento respecto a su estado inicial y su capacidad de recuperar ese estado inicial a partir de un estado perturbado al cese de la perturbación que originó el cambio de estado. Aunque han sido muy diversos los términos aplicados a ambos conceptos, existe en la actualidad un cierto consenso por el uso de los términos "resistencia" y "resiliencia" respectivamente”.

La resiliencia ecológica se asocia a capacidad que tienen los ecosistemas naturales para recuperarse de las perturbaciones (FAO G. , 2009). La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2011; citado por García, 2016:37) menciona que:

“los ecosistemas tienen una resistencia intrínseca que puede, ponerse en peligro por las sobre-explotaciones de los recursos naturales fundamentales en estos ecosistemas, por lo que mejorar (o fortalecer) la resiliencia de los ecosistemas, ayudará a las personas a mejorar su propia capacidad de recuperación frente a factores externos adversos. Y viceversa, el aumento de la resiliencia de las personas a través de acciones innovadoras en el ámbito de la gestión de algunos recursos naturales jugará un papel decisivo en el fortalecimiento de la resistencia intrínseca de los ecosistemas”.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) identifica una relación directa entre la resiliencia ecológica con la resiliencia social, en particular a lo que respecta al manejo de los recursos naturales que da la pauta para entender a los ecosistemas desde la parte natural y la parte humana.

De acuerdo con Lin (2011) citado por García, 2016:37) “la resiliencia ecológica tiene dos dimensiones: resistencia a los shocks (eventos climáticos extremos) específicamente por la naturaleza del evento (biofísico, tecnológico o cultural) y la capacidad de recuperación del sistema (ya sea social o ecológico) por las características de contexto geofísico o sociocultural, así como de los recursos con los que cuentan que les permita poder realizar acciones de adaptación en sus actividades”. Se resalta igualmente la relación intrínseca de los ecosistemas y el contexto socio cultura y la influencia que uno ejerce sobre el otro, pudiendo ser positivas o negativas.

De ahí surge la necesidad de entender a los ecosistemas o espacios naturales como sistemas socioecológicos donde interactúan el ambiente y sociedad, dando lugar al enfoque socioecológico.

1.3.3 Resiliencia socio-ecológica

“La pérdida de resiliencia puede causar la pérdida de servicios ecosistémicos importantes, y puede llevar incluso a transiciones o cambios rápidos hacia situaciones y configuraciones cualitativamente diferentes, evidentes por ejemplo en: las personas, ecosistemas, sistemas de conocimientos o culturas enteras” (Scotti, 2010: párr. 6).

“La resiliencia ha tenido dos abordajes en la ecología, el primero, centrado en la recuperación del sistema y el tiempo de retorno después de una perturbación; y el segundo, centrado en la cantidad de perturbaciones que un sistema puede asimilar sin cambiar su función. En los últimos años la resiliencia ha ampliado su espectro a los socio-ecosistemas, enfatizando en tres elementos fundamentales: la persistencia, la adaptabilidad y la transformabilidad. Esta ampliación del concepto de resiliencia ha traído dentro de su ámbito el papel de las instituciones, el capital social, el liderazgo y el aprendizaje” o retroalimentación (Daza y Figueroa Casas, 2013:51).

La resiliencia ya no solo implica la capacidad de regresar a su estado actual, sino en primer lugar a su capacidad de resistencia como estabilidad, en segundo, la resistencia como recuperación o adaptación y el tercero como un agente de transformación, los cuales se describen a continuación:

“La resiliencia como estabilidad

En este caso la resiliencia como *resistencia*, o la capacidad de permanecer integro frente al golpe o de soportar una situación difícil, de ser capaz de vivir y desarrollarse con normalidad en un entorno de riesgo que genera daños materiales y estrés. Se entiende además como resiliencia a la capacidad de asimilar/absorber daños de cierta magnitud y a pesar de ello permanecer competente.

La resiliencia como recuperación

Se refiere a la capacidad para volver al estado original, tener una vida significativa, productiva, de normalidad, después de alguna alteración notable o daño debido a alguna situación adversa. Aquí se incluye la dimensión temporal en la superación de las dificultades. Una persona o colectivo que se recupera con prontitud sería considerada más resiliente que aquella que necesita más tiempo o la que difícilmente se recupera a pesar del tiempo transcurrido.

La perspectiva de la resiliencia parte de la idea de que todas las personas y los grupos humanos tienen dentro de sí elementos que le llevan a su desarrollo, a la normalidad, al equilibrio cuando estos han sido alterados.

La resiliencia como transformación

Implica una dimensión más compleja en la cual las personas son capaces de resistir, proteger su integridad a pesar de las amenazas y además salir fortalecidas, transformadas positivamente por la experiencia. Incluye los procesos de regeneración, reconversión, reorganización personal y en su caso social, la apertura a las nuevas oportunidades surgidas a raíz de la crisis (ecológicas, industriales). Esta perspectiva enfatiza las

capacidades de las personas para la adaptación a los cambios, la capacidad de aprender, la creatividad, la orientación hacia el futuro, las fortalezas y oportunidades, más que los peligros y las debilidades. En algunos casos los desastres pueden llevar a ser oportunidades para cambiar o mejorar las deficientes condiciones de vida de los afectados” (Olabegoya, 2006; citados por Uriarte, 2013:8-9).

1.4 Resiliencia de los sistemas agrícolas

De acuerdo con Buitenhuis *et al* (2020:315), los sistemas agrícolas son” sistemas abiertos y sus actividades son ligadas a una red social, procesos económicos y el contexto agroecológico en el cual el sistema opera”. Estos autores también indican que los sistemas agrícolas producen alimentos y recursos biológicos, empleo, y dan mantenimiento de sistemas naturales (ejemplo; conservando biodiversidad, servicios ambientales, entre otros), y están siendo presionados por el contexto socioeconómico, político, de crecimiento urbano y a los retos climáticos que confrontan sus habilidades para mantener sus funciones.

Asimismo, Mathijs y Wauters (2020:74) argumentan que “la resiliencia abarca la capacidad de la granja, los productores y los sistemas agrícolas para anticipar, enfrentar y responder a shocks y estrés... Además, la resiliencia no es solo de enfrentar la crisis, sino también de construir la capacidad de adaptarse o aún de transformar los sistemas agrícolas”, y estos autores recomiendan reflexionar en 3 aspectos:

- 1) Las características del sistema que le permiten o limitan a anticipar, enfrentar o aquellas que influyen en su capacidad de respuesta.
- 2) Actores que tiene poder o deben de actuar en la construcción y movilización de recursos para desarrollar estas capacidades.
- 3) Las instituciones y sus inversiones para el uso de los recursos y capacidades

De acuerdo con Mathijs y Wauters (2020) en los sistemas agrícolas, hay incertidumbre por eventos como la sequía, o plagas porque son difíciles de anticipar, lo cual, resalta la necesidad de mejorar la capacidad de adaptación para mejorar la resiliencia a la escala de parcelas sobre todo a aquellas que puedan afectar la seguridad alimentaria; de igual forma, argumentan que los sistemas agrícolas por definición son capaces de enfrentar estrés y shocks, y que los sistemas “robustos” son capaces de continuar en su estado actual sin

necesidad de activar sus capacidades de respuesta. Sin embargo, señalan que cuando los retos emergen y/o los shocks no anticipados son tan severos que tiene que usar su capacidad de respuesta; si los cambios son menores y se mantiene intacto el sistema podrá considerarse como una adaptación, pero si los cambios son más radicales se estaría sería una transformación.

“El aspecto clave de la resiliencia son la resistencia del sistema a perturbaciones y su habilidad para recuperarse sin experimentar cambios de sus funciones (Holling, 1973; Davoudi, 2012; Urruty et al., 2016). Mientras que este entendimiento asocia la resiliencia con la habilidad de resistir shocks y cambios en el corto plazo, otros estudios en el área rural y de estudios agrícolas, han sugerido que la resiliencia también consiste en la capacidad de adaptarse o aún de transformarse, en respuesta a un shock o estrés externo. (Walker *et al.*, 2004; Davidson, 2010; Folke *et al.*, 2010). Por ejemplo, Darnhofer (2014), resalta que el manejo de la resiliencia agrícola además incluye ser capaz de lidiar con la incertidumbre a través del aprendizaje y ajustando las respuestas a las circunstancias cambiantes, y para cambiar fundamentalmente componentes de los sistemas agrícolas cuando estos prueben ser disfuncionales. Al incluir al cambio como parte integral de la resiliencia, el pensamiento resiliente ofrece un lente conceptual que acepta que el cambio es omnipresente y frecuentemente impredecible en sistemas complejos (Sinclair *et al.*, 2014; Duijnhoven and Neef, 2016; Folke, 2016).” (Buitenhuis *et al.*, 2020:315).

Conforme a los presentando, para esta investigación se parte de que los sistemas agrícolas son sistemas socioecológicos y por lo tanto es pertinente abordar la resiliencia de estos sistemas desde el enfoque socioecológico.

De manera particular, Buitenhuis *et al* (2020), definen a la resiliencia de los sistemas agrícolas como “la capacidad del sistema para maneja y responder a los retos, tanto tendencias predecibles como eventos inesperados, mientras se mantienen sus funciones esenciales de proveer sus bienes privados y públicos”. Estos autores distinguen tres dimensiones de resiliencia, expresadas en tres capacidades:

1. Robustez: La capacidad del sistema a resistir perturbaciones externas y mantener su nivel de funcionalidad previo, sin mayores cambios a los elementos y procesos internos (Urruty, *et al.*, 2016).

2. Adaptabilidad: es la capacidad del sistema de ajustar elementos y procesos internos en respuesta a las circunstancias externas cambiantes. El sistema puede continuar desarrollando su trayectoria original mientras mantiene sus más importantes funciones (Folke *et al.*, 2010).
3. Transformabilidad: es la capacidad del sistema de cambiar fundamentalmente, particularmente cuando los cambios estructurales en los cambiantes ecológicos, económicos o sociales hacen que el sistema insostenible existente provea de sus funcionalidades importantes.

Estos conceptos permiten entender a la resiliencia más allá de la capacidad de regresar o mantener al equilibrio inicial y se enfocan en el tipo y forma de cambios y ajustes que son fundamentales para la resiliencia de estos sistemas.

Coomes, *et al* (2019) señalan la importancia de entender la resiliencia, la evaluación y adaptación de los shocks en particular con miras al cambio climático, ya que ahora los sistemas agrícolas están más conectados globalmente (ejemplo, los precios de los alimentos dependerán de un conjunto de factores, en los que se pueden incluir los impactos de los eventos climáticos extremos, afectan áreas o regionales y no solo impactos locales). Por ende, el mercado y políticas influyen en los precios y tipos de cultivos que se desarrollen y que son o pueden ser afectados por eventos asociados a la variabilidad climática.

Cabe señalar que la resiliencia agrícola en un contexto de variabilidad climática es entendida como:

“la capacidad que tienen los sistemas agrícolas para aguantar, sobreponerse o transformarse después de ser sometido a perturbaciones como la variabilidad climática, prácticas agrícolas o característica físicas de los suelos y aun así reorganizarse para poder tener esencialmente la misma función”. Este término ha tomado gran relevancia en las últimas décadas y se asocia mucho a la resiliencia ecológica o socio-ecológica.

Entonces si la resiliencia se define como la capacidad de un sistema socio-ecológico para absorber perturbaciones conservando su estructura organizacional y su productividad, es decir su autoorganización y habilidad para adaptarse al estrés y al cambio después de una perturbación (Cabell y Oelofse 2012). La resiliencia es el producto de la dinámica de un sistema socio-ecológico cuyas partes constituyentes están integradas y son

interdependientes (Adger 2000). Por lo tanto, un agroecosistema “resiliente” debería ser capaz de continuar la producción de alimentos al enfrentarse a una sequía severa o al exceso de lluvias (Nicholls , Altieri, Henao, Montalba y Talavera, 2015).

1.5 Elementos de la resiliencia de sistemas agrícolas.

1.5.1 Elemento ecológico

Biodiversidad

“En los sistemas agrícolas, la biodiversidad puede marcar la diferencia para que un sistema se estrese o sea resiliente al enfrentarse a perturbaciones bióticas o abióticas. En todos los agroecosistemas se requiere una diversidad de organismos para que funcione el ecosistema y proporcionar servicios ambientales (Altieri y Nicholls 2004). Cuando se simplifican los agroecosistemas, se eliminan grupos funcionales completos de especies, cambiando el equilibrio del sistema de un estado deseado a uno menos deseado, afectando su capacidad para responder a los cambios y generar servicios ecosistémicos” (Folke 2006; citado por Nicholls *et al.*, 2015:21).

Suelo

“Uno de los problemas más agudos que probablemente ha experimentado la agricultura en los últimos años es el deterioro de la calidad del suelo, uno de los tres componentes principales del sistema de producción. Los mecanismos para su protección no han recibido la atención requerida desde hace muchos lustros, con la consecuente pérdida física del mismo y de su fertilidad. Este capital natural se está perdiendo y su recuperación es sensiblemente costosa. El país presenta una pérdida de suelo por erosión y por el uso de una agricultura intensiva, y no presta la suficiente atención a su conservación. La pérdida de la fertilidad, de la materia orgánica y la erosión son síntomas inequívocos de que algo estamos haciendo mal y debemos meditar las consecuencias de esta situación, en particular, su efecto para

las generaciones futuras y para la viabilidad de la nación como un todo” (SEMARNAT, 2003; citados por Etchevers, Saynes y Sánchez, 2016:68).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2010) ha enfatizado que la agricultura debe someterse a una transformación profunda para responder a los retos relacionados con la seguridad alimentaria y dar respuesta a los efectos del Cambio Climático Global (CCG). Ello requiere implementar una serie de prácticas, enfoques y herramientas dirigidas a aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas y de su producción y simultáneamente reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esto permitiría transitar hacia una agricultura climáticamente inteligente (FAO, 2010). Un modelo de producción agrícola inteligente requiere estrategias de fertilización sostenibles, es decir, que mantengan y/o incrementen la producción sin dañar el ambiente ni la salud humana, para asegurar la autosuficiencia (Citados por Etchevers, Saynes y Sánchez, 2016:68-69).

Para poder realizar estrategias inteligentes un factor importante es conocer las propiedades particulares de cada tipo de suelo. Es por eso por lo que la evaluación de las propiedades físicas y químicas proporciona criterios para efectuar una valoración del estado del suelo. Algunos de los análisis de suelo son los siguientes.

Densidad aparente

“La densidad aparente (DA), es la medida del peso del suelo por unidad de volumen (g/cm^3), o en otras palabras, es la masa del suelo dividida entre el volumen total del mismo. La DA es importante para estudios cuantitativos de suelos, pues su determinación es fundamental para calcular los movimientos de agua, el grado de formación de arcilla y la acumulación de carbonatos en los perfiles de suelos” (Muñoz *et al.*,2007). La densidad aparente en relación con la textura del suelo se puede evaluar de acuerdo a la Figura 5:

Figura 5: Evaluación de la densidad aparente en función de la textura del suelo

Arenas y limos	Francos	Arcillosos	Evaluación
>1.9	>1.8	>1.6	alta
1.8	1.6	1.4	mediana
1.6	1.4	1.2	baja
1.4	1.2	1.0	
1.2	<1.0	-	

Fuente: Muñoz Iniesta et al. (2007)

Densidad real

La Densidad Real (DR), se define como el peso de las partículas del suelo por unidad de volumen y se expresa en g/cm^3 . Se puede identificar también como densidad de partícula porque considera únicamente a las partículas sólidas, motivo por el cual la densidad real no varía con la magnitud del espacio poroso. El principal uso que se le da a esta determinación es el de calcular la porosidad total del suelo, e inferir los tipos de minerales predominantes en los distintos suelos en base a los diferentes valores de densidad real (Muñoz *et al.*,2007).

Determinar esta variable podría permitir estimar la composición mineralógica del suelo, el peso de sus componentes es variado como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Valores de la composición mineralógica del suelo

Valor	Composición mineralógica del suelo
< 2,5 gr/cm ³	Humus y yeso
2,5 a 3,0 gr/cm ³	Arcillas, cuarzo, feldspatos, calcitas y micas.
3,0 a 4,0 gr/cm ³	Limonitas, piroxenos y olivinos.

Fuente: Muñoz et al (2007)

Porosidad

Una vez obtenidos los parámetros de DA y DR se puede obtener el porcentaje de porosidad. “Este se refiere al volumen ocupado por las fases líquidas o gaseosas en el suelo. Los suelos se componen de tres diferentes tipos de partículas minerales menores a 2 mm de tamaño, las cuales se clasifican en arena, limo y arcilla (de manera descendente), generalmente los suelos de texturas finas (arcillosos) contienen mayor cantidad de MO y un gran número de pequeños poros llamados microporos, teniendo así un mayor porcentaje de espacio poroso. En tanto que los suelos de textura arenosa tienen poros más grandes llamados macroporos pero en menor cantidad” (Ibáñez, 2007; citado por Coyote, 2021).

Potencial de hidrógeno (pH)

El pH “es una propiedad química del suelo que tiene una importancia primordial en el desarrollo de las plantas. La reacción del suelo es fundamental en su origen y formación, ya que influye en forma decisiva sobre la morfogénesis y los niveles de fertilidad del mismo. Asimismo, la concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo” (Muñoz *et al.*, 2007).

La determinación del pH es una prueba que arroja más información acerca del ambiente químico del suelo, así como de las condiciones nutricionales del mismo. “La lectura del pH se refiere a la concentración de [hidrogeniones] activos (H⁺) que se da en la interfase líquida

del suelo, [dentro de] la interacción de los componentes sólidos y líquidos” (UASLP, 2015). De acuerdo con esto, se reconocen dos tipos de lectura de pH, el real y el potencial. El primero se vincula a los hidrogeniones activos presentes en la solución del suelo y el segundo a la acidez de reserva, presentada por todos los hidrogeniones adsorbidos al complejo de intercambio (ver Tabla 5).

Tabla 5: Criterios de pH

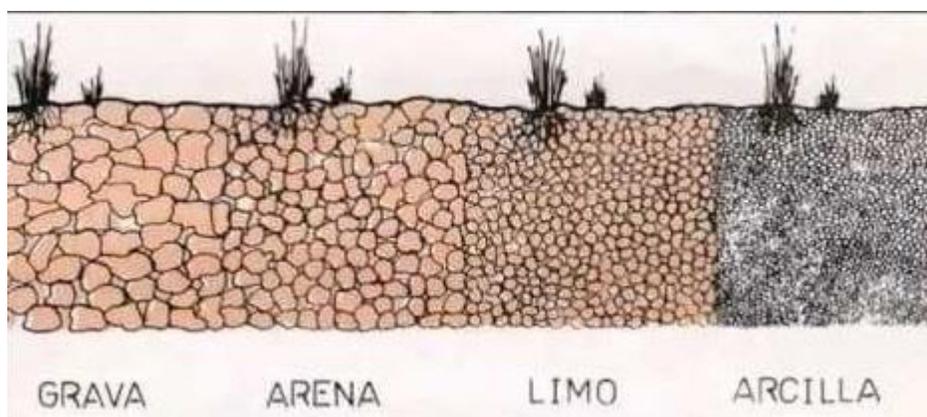
Categoría	Valor
Extremadamente ácido	> 4.5
Muy fuertemente ácido	4.6 – 5.1
Fuertemente ácido	5.2 – 5.6
Moderadamente ácido	5.7 – 6.1
Ligeramente ácido	6.2 – 6.6
Neutro	6.7 – 7.4
Ligeramente alcalino	7.5 – 7.9
Moderadamente alcalino	8.0 – 8.4
Fuertemente alcalino	8.5 – 8.9
Muy fuertemente alcalino	>9.1

Fuente: NOM-021-RECNAT-2000

Textura de suelo

“Es la composición granulométrica (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo. Su determinación permite inferir determinadas características en el suelo como el tipo y cantidad de poros en el suelo, su reactividad y capacidad para almacenar agua y nutrientes” (Álvarez Arteaga *et al.*, 2019) como se observa en la Figura 6.

Figura 6: Clases texturales en el suelo de acuerdo a su granulometría.



Fuente: Manual de evaluación de suelos en campo (2019)

Capacidad de intercambio catiónico (CIC).

“Es una medida de cantidad de cargas negativas presentes en las superficies de los minerales y componentes orgánicos del suelo (arcilla, materia orgánica o sustancias húmicas) y representa la cantidad de cationes que las superficies pueden retener (Ca, Mg, Na, K, NH_4 , Al_4). Estos serán intercambiados por otros cationes o iones de hidrogeno presentes en la solución del suelo y liberados por las raíces. El nivel de CIC indica la habilidad de suelos a retener cationes, disponibilidad y cantidad de nutrientes a la planta, su pH potencial entre otras. Un suelo con bajo CIC indica [bajos contenidos de MO, escasa presencia de arcillas o de tenerlas, éstas poseen baja capacidad de carga]. La unidad de

medición de CIC es en centimoles de carga por kg de suelo cmol/kg o meq/ 100g de suelo” (FAO, 2021), como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6: Valores de CIC

Categoría	Valor cmol/kg
Muy bajo	<10
Bajo	11 - 20
Medio	21 -35
Alto	36 - 60
Muy alto	> 60

Fuente: FAO (2021)

Materia orgánica del suelo

“Los agricultores tradicionales y orgánicos adicionan regularmente grandes cantidades de materiales orgánicos en forma de abonos animales, [composta], hojas de árboles, cultivos de cobertura, leguminosas en rotación que dejan grandes cantidades de residuos, etc., como estrategia clave para mejorar la calidad del suelo. La materia orgánica del suelo (MOS) y su manejo son fundamentales para crear suelos saludables con una actividad biológica dinámica y buenas características físicas y químicas. Es de la mayor importancia para la resiliencia que la MOS mejore la capacidad de retención de agua del suelo incrementando la tolerancia de los cultivos a las sequías y que incremente el nivel de infiltración para disminuir la escorrentía evitando que las partículas del suelo sean transportadas por el agua durante las lluvias intensas. La MOS también mejora la agregación del suelo superficial sosteniendo firmemente las partículas de tierra durante las lluvias o tormentas de viento. Los conglomerados estables resisten el movimiento por el

viento o el agua” (Magdoff y Weil, 2004; citado por Nicholls *et al.*, 2015:31). Los criterios de la MOS se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7: Criterios sobre MOS

Categoría	Valor (%)
Extremadamente pobre	< 0.6
Pobre	0.6 – 1.2
Moderadamente pobre	1.3 – 1.8
Medio	1.9 – 2.4
Moderadamente rico	2.5 – 5.0
Rico	5.1 – 14.0
Extremadamente rico	> 14.0

Fuente: NOM-021-RECNAT-2000

Nitrógeno, Fósforo y Potasio

“El Nitrógeno (N) es un elemento esencial, considerado un macronutriente, para todos los seres vivos. Además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de los vegetales. [Actualmente] está demostrado que es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, y que un deficiente suministro de este nutriente puede provocar notables descensos en la producción vegetal. Tanto sus deficiencias como sus

excesos en suelos tienen gran impacto en la salud y en la productividad de los ecosistemas mundiales” (Benimeli et al., 2019).

“Un contenido adecuado de Fosforo (P) en el suelo es de gran importancia para el desarrollo de las plantas, por invertir en funciones fundamentales como favorecer el desarrollo de las raíces, estimular el crecimiento y el desarrollo vigoroso de las plantas, favorece la floración y la fructificación y con ellos la cantidad y la calidad de los frutos y semillas, entre otros. El comportamiento del fosforo en suelo es complicado y un elemento de poca movilidad.

El mantenimiento de determinados niveles de Potasio (K) en el suelo es decisivo para favorecer la formación de hidratos de carbono, incrementar la consistencia y dureza de los tejidos de las plantas dando una mayor resistencia a ciertas enfermedades, se considera un valor de calidad al aumentar el peso, la coloración y el sabor de los productos. Además, aumenta la resistencia de las plantas a las sequías y heladas” (Andrades y Martínez, 2014:20).

Por lo que es necesario que los sistemas de los agricultores de una zona determinada identifiquen los factores que incrementan el riesgo, con la finalidad de mantener o “incrementar la resiliencia de sus sistemas. [Entender] la interconexión entre el ambiente, los recursos naturales, las amenazas naturales y la seguridad alimentaria, puede reducir la vulnerabilidad mediante la adopción de estrategias de manejo sustentable de recursos naturales como suelo, agua y bosques, mejorando así la matriz ambiental circundante” (Altieri y Nicholls, 2013).

1.5.2 Elemento social

Prácticas agrícolas

“[Los agricultores enfrentan] no solo la variación climática, sino que de hecho se preparan para el cambio minimizando, la pérdida de rendimientos mediante el uso de una serie de técnicas tradicionales muy bien adaptadas a las condiciones climáticas y geográficas del lugar donde se aplican, como el uso de variedades locales resistentes a la sequía o a los extremos de humedad, cosecha de agua,

policultivos, prácticas agroforestales, sistemas de conservación de suelos y otras. En realidad, el conocimiento tradicional y las prácticas indígenas de manejo de recursos son la base de la resiliencia de los agroecosistemas campesinos. Se trata de estrategias de minimización de riesgo frente a climas inciertos. El uso diversificado del paisaje y el acceso a recursos múltiples incrementa la capacidad de campesinos de responder a la variabilidad y cambio ambiental. Estas estrategias están ligadas a sistemas tradicionales de gobernanza y redes sociales que contribuyen a la habilidad colectiva para responder a la variabilidad climática incrementando así la resiliencia socio-ecológica de las comunidades” (AECID, 2018:22).

“Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) son todas las acciones que se toman durante el ciclo de producción y procesamiento, para asegurar la calidad e inocuidad del producto, el bienestar laboral, social y animal, y la protección de la salud humana y del ambiente” (Cruz, 2010:3).

Conservación de la cobertura del suelo

“Proteger al suelo de la erosión y el desecamiento, a la vez que incrementar los niveles de humedad del suelo y la circulación del agua es una estrategia fundamental para aumentar la resiliencia de los agroecosistemas. Los mantillos de cultivos de cobertura y los abonos verdes tienen un gran potencial agroecológico puesto que estas prácticas conservan el suelo, mejoran su biología, estabilizan e incrementan el rendimiento de los cultivos y la conservación del agua. Los mantillos de rastrojo interrumpen el proceso de secado del suelo al proteger su superficie con residuos. Los mantillos reducen la velocidad del viento superficial hasta en 99% y, por lo tanto, las pérdidas debidas a la evaporación se reducen significativamente. Además, los cultivos de cobertura y los residuos de las malezas pueden incrementar la penetración del agua y disminuir las pérdidas por escorrentía de 2 a 6 veces” (Buckles *et al.*, 1998; citado por Nicholls *et al.*, 2015:32).

Cosecha de agua

Según la FAO, “La captación de agua puede ser considerada como una forma rudimentaria de riego”. La cosecha de agua se debe entender como la captación del agua de lluvia o de otra fuente en un sitio o suelo determinado, evitando su escurrimiento y pérdida innecesaria; Esto con el propósito de recoger, almacenar y conservar escorrentía local y superficial para la agricultura en regiones áridas y semiáridas principalmente, realizando su cosecha en algunas obras de captación construidas para este fin” (Orsag. 2010 y Mongil y Martínez de Azagra. 2007; citado por Carmona, 2013:9).

“En muchas partes del mundo, como en el África subsahariana, el 40% de las tierras de cultivo se encuentra en sabanas semiáridas y subhúmedas que sufren cada día más de la escasez de agua en la mayoría de los años, sin embargo, hay más que suficiente agua como para potencialmente producir cultivos. El problema es que la lluvia se concentra en 2-3 meses del año y/o que grandes volúmenes de agua se pierden por la escorrentía superficial, la evaporación del suelo y la percolación profunda. El reto es cómo capturar esa agua, almacenarla en el suelo y que esté disponible para los cultivos en épocas de escasez. En gran parte del mundo en desarrollo se ha registrado una variedad de técnicas para la cosecha de agua de lluvias y de crecidas” (Reij et al 1996, Barrow 1999; citado Nicholls *et al.*, 2015:36).

Prácticas de manejo de hortalizas

El objetivo de las prácticas de manejo es crear las condiciones favorables para el desarrollo de los cultivos de hortaliza y desfavorables el desarrollo de plagas o enfermedades. Algunas de las prácticas culturales son saneamiento y manejo del cultivo (Berger, 2021).

Saneamiento

“Las prácticas de saneamiento [consisten en] eliminar o reducir los criaderos de las plagas o enfermedades. Este es uno de los aspectos más descuidados, posiblemente debido a que en la mayoría de los casos es difícil ver la conexión entre los criaderos y la plaga. [Las actividades recomendadas son]: eliminación de plantas voluntarias, eliminación de rastrojos y residuos de cosecha, limpieza de rondas y alrededores, eliminación de plantas afectadas entre otras” (Berger, 2021).

Manejo del cultivo

Las prácticas de cultivos deben estar orientadas particularmente a promover un crecimiento rápido y vigoroso, pues una planta en estas condiciones puede soportar mejor el ataque de plagas y enfermedades. Por lo cual se recomienda realizar actividades como: preparación del suelo, rotación de cultivos, abonos verdes, cultivos de cobertura, fertilización adecuada, cultivos asociados, barreras físicas, entre otros (Berger, 2021).

Labranza

“La preparación del terreno mejora la estructura del suelo al obtener agregados de tamaño más pequeño y uniforme; reduce la densidad aparente aumentando el espacio poroso; favorece el intercambio de gases y facilita la búsqueda de agua y nutrientes por parte de las raíces.

Figura 7: Labranza de tiro animal en el ejido de San Francisco Putla



Fuente: Trabajo de campo (2020)

De acuerdo con el tipo de trabajo que realizan los implementos mecánicos utilizados en la preparación del terreno, éstos pueden clasificarse en:

1. Implementos para labores primarias.
2. Implementos para labores secundarias.

Los implementos para labores primarias son aquellos usados para romper y soltar el suelo a una profundidad de hasta 80 cm. Como: los arados de diferentes tipos:

- Arado de subsuelo
- Arado de vertederas
- Arado de discos
- Arado de rastra

Los implementos para labores secundarias son aquellos que trabajan más superficialmente (20-30 cm) y completan el trabajo iniciado por los equipos de labores primarias. Como rastras, rodillos, niveladoras, cultivadores de campo, zanjadora, surcadores entre otros.

Labores primarias

Las labores de labranza primarias más comunes en muchas regiones de México son el subsoleo y el barbecho.

Subsoleo

El subsoleo es la operación que consiste en romper el suelo sin voltearlo ni cambiarlo de posición a profundidades de hasta 80 cm. Se realiza con el arado de subsuelo o arado subsolador.

Los objetivos principales del subsoleo son los siguientes:

- Romper capas duras o impermeables del suelo que limitan el desarrollo de las raíces y entorpecen la circulación del agua. Esta labor debe hacerse estando el suelo seco, de lo contrario el efecto se pierde rápidamente.
- Proporcionar a los cultivos que desarrollan raíces profundas (caña de azúcar, alfalfa, etc.) mejores condiciones para su crecimiento y para la obtención de nutrientes.
- Mejorar el drenaje del subsuelo en suelos arcillosos
- Aplicar fertilizantes, insecticidas, etc. a profundidades mayores que las normales.

Algunas de las capas impermeables, mencionadas más arriba, pueden ser de las llamadas piso de arado. El piso de arado es una capa impermeable en el subsuelo constituida por finas partículas arrastradas por la percolación del agua durante un largo periodo de tiempo; se vuelve compacta por el peso del tractor.

Barbecho

Es la operación que consiste en cortar, romper y voltear el suelo a profundidades de hasta 30 cm. Se realiza con los arados.

Arado de vertederas

Se utiliza para incorporar residuos vegetales, abonos verdes y estiércol.

Su mejor trabajo lo realiza con terrenos de textura media y con humedad adecuada. No trabaja bien en terrenos duros y/o secos que sean muy abrasivos o en terrenos con piedras, troncos y raíces de árboles porque se rompe. Tampoco en terrenos con exceso de residuos sueltos en la superficie porque se imposibilita su labor.

Arado de discos

Con este arado la calidad del barbecho no es tan uniforme como con el arado de vertederas, pues no voltea completamente el suelo. Normalmente deja el terreno más disparejo y con más terrones, lo que requerirá un mayor número de labores posteriores para completar la preparación del suelo.

Labores secundarias

Las labores de labranza secundarias más comunes en muchas regiones de México son el rastreo y el surcado. Se incluye en este grupo a la nivelación.

Rastreo

El rastreo es el rompimiento, hasta 25 cm de profundidad, de los terrones grandes que quedan después del barbecho. A veces incluye el picado y enterrado de los residuos de las cosechas anteriores o de los abonos. El rastreo se hace con la rastra de discos.

Nivelación

En las regiones agrícolas de riego, es necesario aprovechar el agua al máximo y de la mejor manera posible para obtener óptimos rendimientos.

Para ello es necesario que el suelo, después de haber sido barbechado y rastreado, quede lo mejor nivelado posible antes de sembrar. Esta labor la realizan las niveladoras.

Surcado

El surcado es una operación que consiste en formar bordos paralelos de tierra sobre la superficie del terreno. Con el surcado se facilitan labores posteriores como la distribución del agua sobre el terreno, el drenaje, el control de malezas y la cosecha. Esta labor es realizada con las surcadoras.

Labores de mantenimiento del cultivo

Son labores que se hacen al suelo después de la siembra o del establecimiento del cultivo. Algunas son los aporques y las escardas.

Aporques y escardas

Son operaciones que pueden realizarse por separado, cuando el cultivo está en crecimiento. Consisten en arrimar tierra al pie de las plantas rompiendo y volteando el suelo a una profundidad de hasta 5 cm y, al mismo tiempo, eliminar las malezas arrancándolas, cortándolas o enterrándolas. Los aporques y escardas se efectúan con el cultivador mecánico o cultivadora (UACH, s.f.: 89-98)".

1.6 Variabilidad climática y la resiliencia de sistemas agrícolas.

“La comunidad científica internacional coincide en que una de las mayores manifestaciones del cambio climático es la creciente variabilidad interanual y estacional de la temperatura, precipitación y radiación solar” (FAO, 2016). Se cree que “por sí mismo, puede acentuar la variabilidad del clima, que constituye uno de los principales factores de la inestabilidad de la producción alimentaria [anualmente]” (FAO, 2001).

“La variabilidad climática es una medida del rango en que las condiciones y los elementos del clima cambian de un año al otro, dicha variabilidad puede ser alta o baja, pero no ausente” (Arguello, 2013).

De acuerdo con la FAO (2001) esta variabilidad no necesariamente es peligrosa; sin embargo, contribuye en la alteración de la frecuencia de fenómenos extremos y en la incertidumbre relacionada con la dificultad de pronosticar el tiempo. También señala que los efectos de la variabilidad climática en la producción agrícola dependen del “nivel de desarrollo y las influencias tecnológicas de los rendimientos, sin embargo, se cree que la

irregularidad atmosférica afecta el 10% o el 100% de la variación de la producción en periodos cortos”.

1.7 Eventos climáticos extremos

Aunque no hay una definición precisa, (SEMARNAT, 2009:26) se refiere a los “eventos extremos como aquellos fenómenos climáticos, de gran intensidad y poca frecuencia, que tienen efectos ambientales y sociales adversos, ya sea regional o localmente. Ejemplos de ellos son los huracanes, tornados, sequías, heladas o granizadas, a través de los cuales sentimos más cercanos los efectos del cambio climático”.

Sequias

“Se entiende por “sequía” al fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción de recursos en las tierras” (Ruiz y Febles, 2004:3).

Sin embargo, una sequía puede ser definida de diferentes formas según el campo de estudio desde que se aborde (Landa *et al.*, 2010; citado por García, 2016:25-26):

- **“Meteorológica:** disminución de lluvia por debajo de lo “normal”. Este tipo de sequía es un proceso totalmente natural.
- **Agrícola:** situación en la que la cantidad de agua disponible en el suelo o su humedad no satisface las necesidades hídricas de un cultivo en particular.
- **Hidrológica:** ocurre cuando las fuentes de agua en la superficie y en el subsuelo están por debajo de lo normal. Este tipo de sequía se manifiesta en la superficie con una disminución en escurrimientos, caudales de ríos y niveles de almacenamiento (presas).
- **Socioeconómica:** ocurre cuando la escasez de agua afecta a las personas y a sus actividades.”

Heladas

La FAO (2010:2) menciona que “técnicamente, la palabra “helada” se refiere a la formación de cristales de hielo sobre las superficies, tanto por congelación del rocío como por un cambio de fase de vapor de agua a hielo (Blanc *et al.*, 1963; Bettencourt, 1980; Mota, 1981; Cunha, 1982); no obstante, la palabra es ampliamente utilizada por el público para describir un evento meteorológico cuando los cultivos y otras plantas experimentan daño por congelación. Los agricultores a menudo utilizan los términos “helada” y “congelación” de forma indistinta, con la definición vaga de “una temperatura del aire inferior o igual a 0 °C”. Ejemplos de definiciones de helada en la literatura incluyen:

- La ocurrencia de una temperatura inferior o igual a 0 °C medida en una garita “tipo Stevenson” a una altura entre 1,25 y 2,0 m (Hogg, 1950, 1971; Lawrence, 1952);
- La ocurrencia de una temperatura inferior a 0 °C, sin definición del tipo de garita y de la altura (Raposo, 1967; Hewett, 1971);
- Cuando la temperatura de la superficie cae por debajo de 0 °C (Cunha, 1952); y la existencia de una temperatura del aire baja que causa el daño o la muerte de las plantas, sin mencionar la formación de hielo” (Ventskevich, 1958; Vitkevich, 1960) citados en (FAO, 2010:2).

Granizadas

“Se entiende por granizo la precipitación que llega al suelo en forma de granos de hielo. Estos granos son, normalmente, de forma esférica y tienen un diámetro de 2 a 5 mm. Están constituidos, generalmente, por un núcleo de nieve granulada envuelto por capas de hielo translúcido, que le da un aspecto cristalino. Son difíciles de romper y cuando caen al suelo rebotan sin romperse. Si los granos de hielo contienen capas con burbujas de aire, y son blancos y opacos, se les llama granizo blando o nieve granulada” (Urbina, 2007).

“Los daños ocasionados por granizada dependen, evidentemente, de la intensidad y tamaño. Los efectos producidos se [ven] como heridas abundantes que pueden ser recuperables con el tiempo, sin embargo, las granizadas también pueden incrementar considerablemente el riesgo de enfermedades o reducir las posibilidades de crecimiento

de la planta (Urbina , 2007). Sin embargo, puede haber estrategias que ayudan a construir la resiliencia en una comunidad agrícolas basada en prácticas de manejo y la gestión de los recursos naturales” como se muestra en la Figura 8.

Figura 8: Estrategias para construir resiliencia en una comunidad agrícola basada en prácticas agroecológicas y una gestión de manejo de recursos naturales



Fuente: Altieri (2013)

Capítulo 2- Metodología

2.1 Diseño metodológico de la investigación

El diseño de la metodología utilizada considero tres etapas, en la primera se inició con la selección del tema de estudio “resiliencia en cultivos agrícolas de hortalizas” y la delimitación de la zona de estudio en el ejido de San Francisco Putla; posteriormente por medio de trabajo de gabinete se realizó el planteamiento del problema para así poder llegar a la formulación del objetivo general, los específicos y la formulación de una hipótesis.

Las actividades anteriores ayudaron al diseño y construcción del marco teórico, donde se realizó una investigación bibliográfica de libros, tesis, artículos científicos, sitios web, normas, manuales, etc. En esta parte también se realizó la caracterización de la zona de estudio donde se elaboraron mapas de ubicación, uso de suelo, hidrología, clima, edafología y geología en base a shape de INEGI (2011) e imágenes de Google Earth de 2015; se crearon gráficos con información del Sistema Meteorológico Nacional a través de plataforma de CONAGUA (2017) del año 2007 al 2017.

Dentro de la misma etapa se realizó la construcción de la encuesta semiestructurada (con ayuda de un actor clave de la zona de estudio) para los agricultores de la zona abarcando seis secciones: en la primera se abordó información general de la agricultura, la segunda las características que ellos perciben del suelo de sus parcelas, la tercera sobre las prácticas de manejo agrícola que realizan, la cuarta sobre la organización social, la quinta acerca de los problemas a los que se enfrentan en el desarrollo de sus cultivos y la sexta sobre la respuesta que tienen a los eventos climáticos.

En la etapa II se realizó el trabajo de campo, donde se seleccionaron los puntos de muestreo basándonos en la NOM-021-RECNAT-2000 y con ayuda de un actor clave; Él nos ayudó a los recorridos en campo, pedir el permiso a los dueños de los terrenos para muestrear sus parcelas y en la toma de muestras. Se buscó que los sitios de muestreo estuvieran dentro de la zona de agricultura de hortalizas y se anotaron las características físicas de la zona como pendiente, vegetación y tipo de agricultura. (ver Figura 9). Además, en esta etapa se buscó entrevistar a todos los campesinos de donde se realizaron los muestreos, sin embargo, solo se pudieron realizar cinco entrevistas de los 11 sitios

muestreados (esto por la contingencia por COVID-19), con los datos anteriores se realizó un concentrado de información en tablas y diagramas, con el objetivo de poder leer o interpretar con mayor facilidad la información recabada.

Figura 9 : Muestreos de la zona de estudio



Fuente: Trabajo de campo (2020)

En esta etapa además se realizaron los análisis de laboratorio donde se analizaron los siguientes parámetros: Densidad Aparente (D.A.), Densidad Real (D.R.), Porcentaje Poroso, pH Real, pH Potencial, Textura de suelo, Color de suelo, Humedad, Materia Orgánica (M.O.), Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.), Aluminio y dos muestras representativas de Nitrógeno, Fosforo y Potasio (NPK); los análisis anteriores se efectuaron con las técnicas establecidas en NOM-021-RECNAT-2000 y por medio del kit de fertilidad de suelo marca LaMotte. Con los resultados obtenidos se elaboró un concentrado de datos a través de una tabla.

En la etapa III se desarrolla en el inicio un apartado de datos cuantitativos de la variabilidad climática (gráficos de precipitación, temperatura y granizadas) para identificar si estos eventos representan alguna amenaza para los sistemas agrícolas de hortalizas. Posteriormente con la información investigada sobre el tema de estudio, los datos generados por los análisis fisicoquímicos del suelo, la base de datos construida por las entrevistas, la cartografía realizada y gráficos (etapas I y II) se inicia a interpretar y relacionar cómo es que estos procesos y datos influyen en la resiliencia de los cultivos agrícolas de hortalizas, logrando identificar si la resiliencia está en la etapa de resistencia,

adaptación o transformación. En este apartado concluimos si se cumplieron los objetivos de la investigación, si se valida o no la hipótesis, si la metodología fue la adecuada, con que limitantes nos encontramos y futuras líneas de investigación asociados al tema.

2.1.1 Metodología para la recolección de muestras y análisis de suelo

Las muestras fueron obtenidas mediante la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. El cual establece realizar el método de zig-zag para el muestreo; que consiste en tomar diversas muestras por todo el terreno tratando de abarcarlo en su totalidad en forma de zig-zag, lo que hace que sea un método eficiente para toma de muestras representativas. La cantidad de submuestras por terreno depende de su extensión, en este caso se recolecto una muestra compuesta de aproximadamente 2 kg de suelo por hectárea.

Para realizar el muestreo se tiene que estar alejado aproximadamente 1.5 m de los límites cercanos a la parcela, pues esta parte se contamina fácilmente. Una vez elegido el sitio debe estar limpio, principalmente de rocas duras o vegetación para introducir la barrena (pala) sin complicación (NOM-021-RECNAT-2000).

La toma de las submuestras de suelo se realizó a profundidad aproximada de 35 cm, y se tomaron aproximadamente 20 por hectárea de cada sitio de muestreo. Estas muestras de suelo se vierten sobre una superficie limpia en la que se homogenizaron a través del método de cuarteo, el cual consiste en dividir la muestra en cuatro partes, y solo quedarse con una de ellas y repetir este proceso hasta que se quedó aproximadamente dos kilogramos de muestra, la cual se almacena con los datos del sitio para llevarla a laboratorio (NOM-021-RECNAT-2000).

2.1.2 Análisis de laboratorio.

Los análisis de laboratorio se efectuaron en la Unidad de Laboratorio de Ciencias Ambientales, ubicado en la Facultad de Planeación Urbana y Regional UAEMex.

A cada una de las muestras tomadas se les hicieron pruebas de densidad aparente (D.A.) por el método volumétrico o de la probeta, densidad real (D.R.) por el método del picnómetro, el porcentaje poroso se determinó con los valores obtenidos de densidad aparente y densidad real, pH real y pH potencial por el método potenciómetro, textura de suelo por el método de Bouyoucos , color de suelo por medio de la técnica de comparación con tablas de color Munsell, humedad en el suelo por el método gravimétrico, materia orgánica (M.O.) por el método de oxidación en húmedo (Walkley y Black 1947), capacidad de Intercambio catiónico (C.I.C.) por el método volumétrico del versenato; todos estos procedimientos de acuerdo a la norma NOM-021-RECNAT-2000 (ver Figura 10). También se realizó el análisis de aluminio activo con fenoftaleina y finalmente se realizaron dos muestras representativas de NPK por medio del kit de fertilidad de suelo marca LaMotte.

Figura 10: Trabajo o procesos en laboratorio ULCA



Fuente: trabajo en laboratorio (2020 y 2021)

La metodología de investigación de esta tesis se presenta en la siguiente Figura 11:

Figura 11: Metodología de investigación



Análisis de forma cualitativa de los elementos que intervienen en la resiliencia en los sistemas agrícolas de hortalizas con las dimensiones de resistencia, adaptación y transformación.

2.1.3 Variables

Las variables analizadas en este trabajo de tesis se presentan a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8: Variables de investigación

Variables	
Variable Dependiente	
Resiliencia agrícola en los sistemas hortícolas del ejido de San Francisco Putla.	
Variable Independiente	
Características del suelo	<ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica - pH - Humedad - Capacidad de Intercambio catiónico - Textura
Variabilidad climática	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación - Granizadas - Percepción de la variabilidad climática por los productores.
Técnicas agrícolas.	<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de cultivos - Prácticas agrícolas - Prácticas de Conservación

Fuente: Elaboración propia (2021)

2.2. Caracterización del caso de estudio: San Francisco Putla, Tenango del Valle

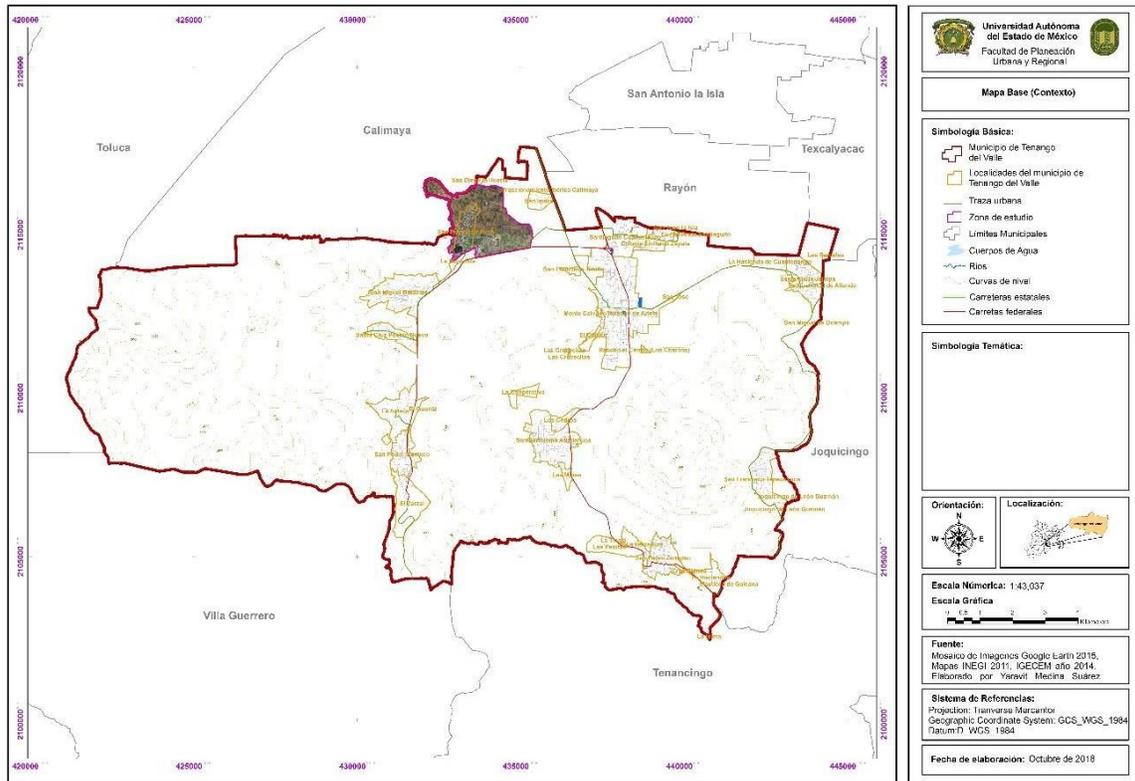
Se describen las características del medio biofísico donde se encuentra la zona de estudio, ya que se considera que al conocer datos acerca de su formación o factores que intervienen en él, podremos entender con mayor claridad el desarrollo del tema.

2.2.1 Localización

El ejido de San Francisco Putla se ubica en el municipio de “Tenango del Valle, en la parte sureste de la capital del Estado de México, situado entre las coordenadas 18° 39' 7" y 19° 8' 29" latitud norte y entre 99° 31' 37" y 99° 45' longitud oeste a una altura promedio de 2,600 metros sobre el nivel del mar. Cuenta con una extensión territorial total de 208.88 km² “(Municipios, 2021) y está integrado por 11 comunidades, una de ellas es la localidad de San Francisco Putla (Gobierno del Estado de México, 1971), como se ubica en la Figura 12.

“La superficie total del municipio es de 20,887.6 hectáreas: 11,275 se destinan al uso agrícola y representan el 54% del territorio. A la actividad forestal corresponden 7,098 hectáreas que es el 33.4%; para el uso pecuario se dedican 145 hectáreas, que representan el 0.69%; para uso urbano se ocupan 616 hectáreas; los cuerpos de agua ocupan 0.5 hectáreas” (INAFED-INEGI, 2015).

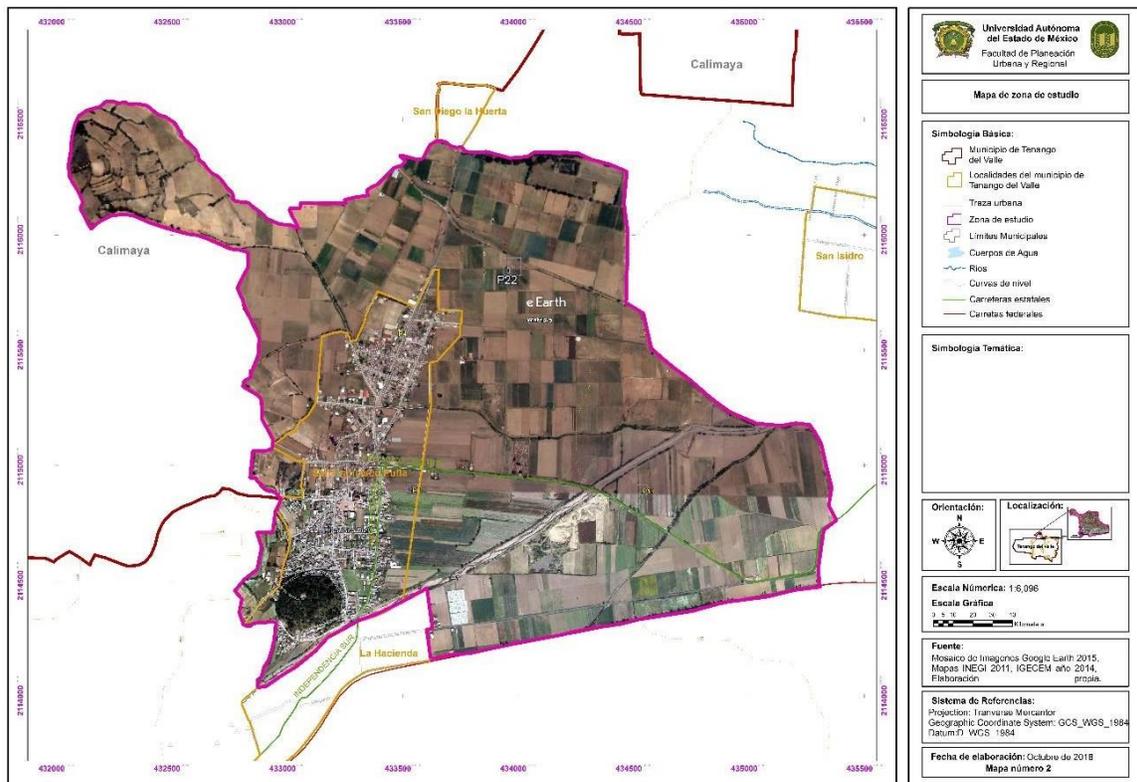
Figura 12: Ubicación geográfica del sitio de estudio en el contexto municipal.



Fuente: Shape de INEGI (2011)

La zona de estudio se encuentra en la comunidad de San Francisco Putla la cual se ubica a una altitud de 2,720 msnm, colinda al norte con San Diego la Huerta, Zaragoza de Guadalupe, Calimaya, al este con San Isidro, al sureste con la cabecera municipal de Tenango del Valle, al sur con San Miguel Balderas (ver Figura 13). Su población total es de 3, 433 habitantes, donde 1,665 hombres y 1,768 mujeres según el censo de 2010 de INEGI.

Figura 13: Zona de estudio (localidad de San Francisco Putla).



Fuente: Shape de INEGI (2011)

2.2.2 Vegetación

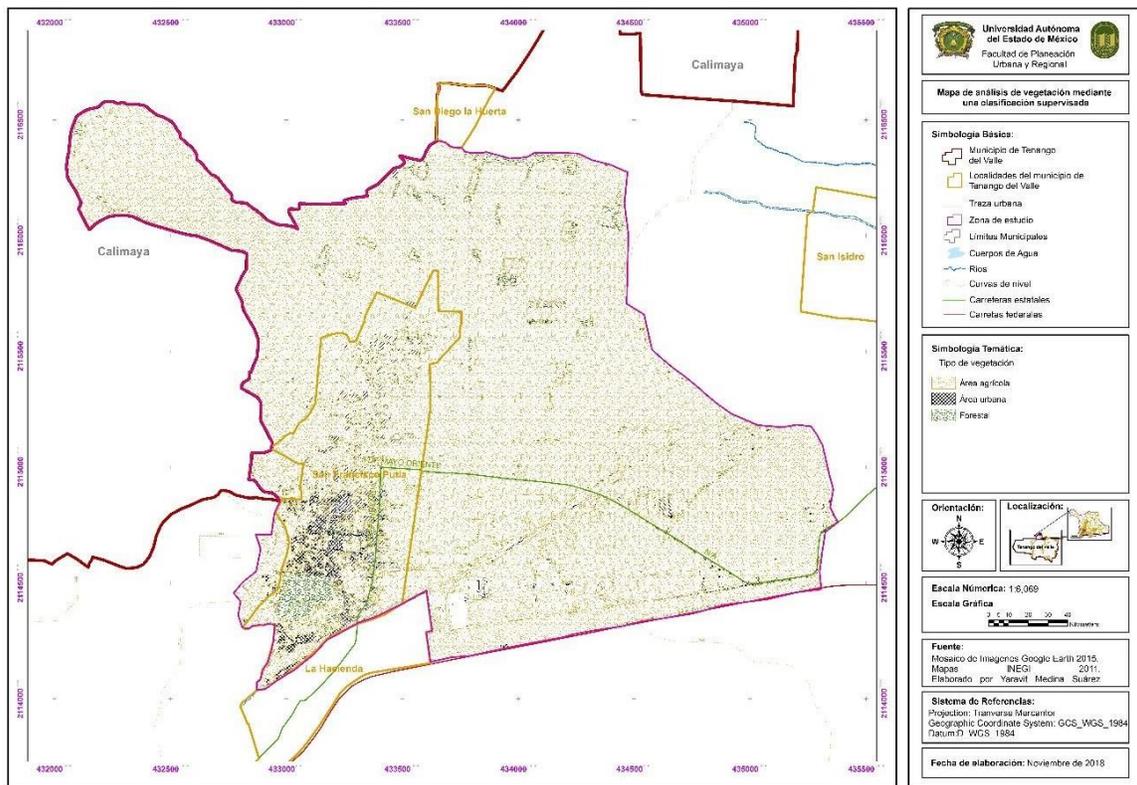
“La alteración que ha sufrido la vegetación se debe al cambio de uso del suelo forestal al agrícola y en años recientes al uso urbano, lo que ha provocado la erradicación de flora original, los habitantes del municipio han introducido plantas de ornato y otras especies arbóreas, así como arbustivas que se han adaptado favorablemente, lo que ha permitido el amortiguamiento de la deforestación.

En el Municipio de Tenango del Valle destaca el bosque de coníferas, donde podemos encontrar vegetación como el encino, el pino, oyamel en la parte superior, en la parte baja bosque y en la parte media pastizales.

En los altos macizos montañosos existen una cantidad grande de pinos, mientras en los bosques de oyamel se desarrollan en un lugar templado-húmedos y se ubican al igual que los anteriores, en la parte occidental del municipio” (SEDUV, 2011).

En la Figura 14, se realizó un análisis de vegetación mediante una clasificación supervisada donde podemos observar que la localidad de San Francisco Putla cuenta en la mayor parte de su extensión territorial de área agrícola, la cual es la principal actividad económica de la población, también se observa el área urbana y una pequeña extensión de masa forestal.

Figura 14: Análisis de vegetación mediante una clasificación supervisada

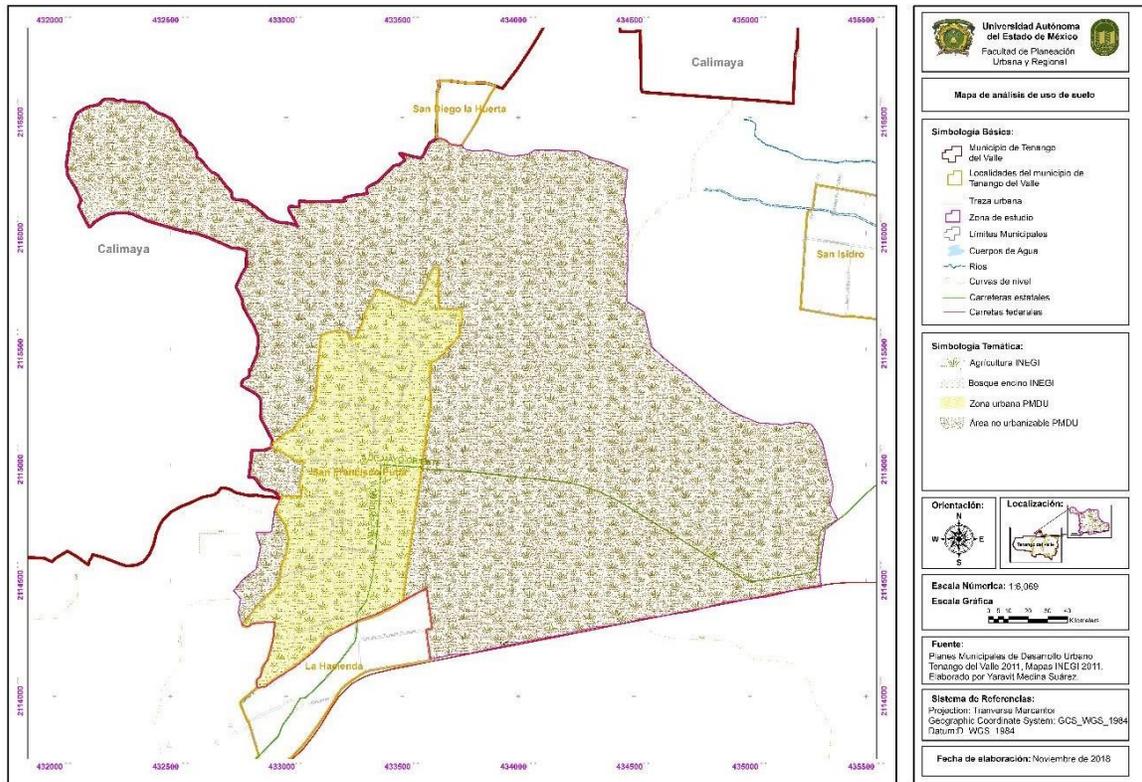


Fuente: Shape de INEGI (2011)

Posteriormente se realizó un mapa de análisis de uso de suelo con datos de INEGI para comparar si existía alguna relación con el mapa anterior, donde se puede identificar la asignación de áreas delimitadas por el Plan de Desarrollo Municipal Urbano (PDMU) y donde se corrobora que la mayor parte del territorio está dedicado a la agricultura, que hay

un área delimitada para el crecimiento urbano, una parte de bosque encino y el área no urbanizable que es la dedicada a la agricultura, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15: Análisis de uso de suelo de la localidad de San Francisco Putla.



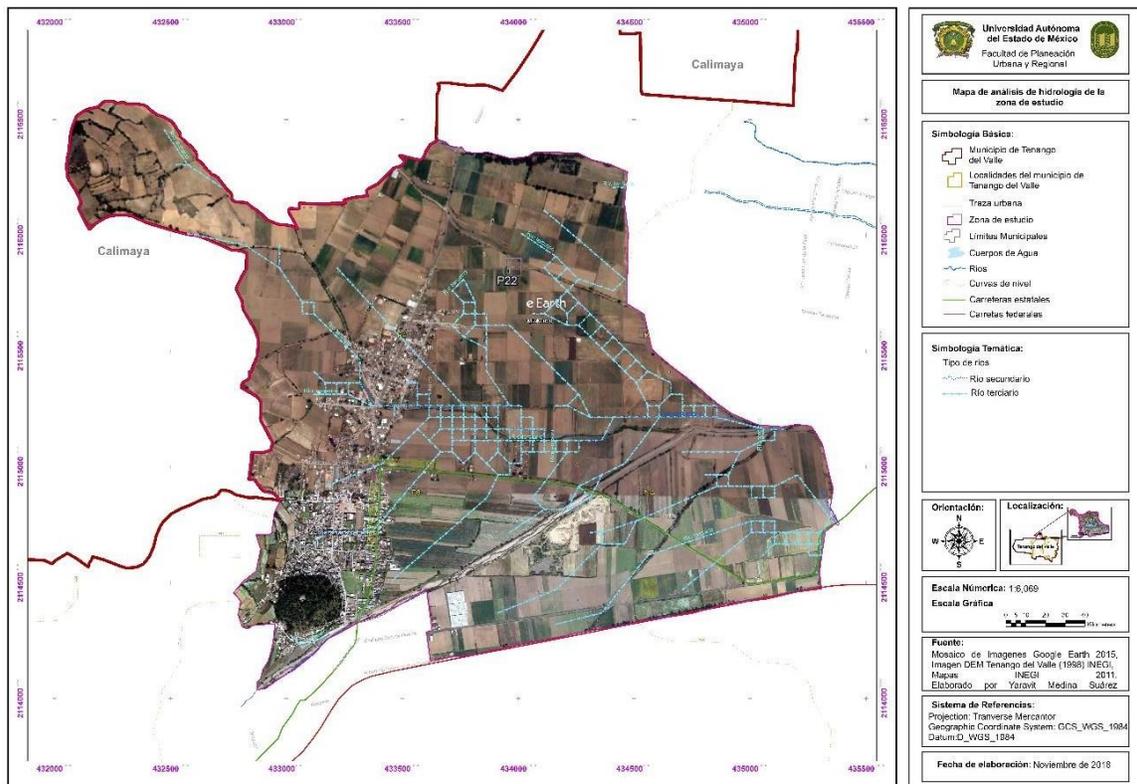
Fuente: Shape de INEGI (2011)

2.2.3 Hidrología

El municipio de Tenango del Valle “forma parte de dos de las regiones hidrológicas más importantes del país, la Región Hidrológica Lerma Santiago y la del río Balsas. La primera se ubica al norte del municipio y pertenece a la cuenca Lerma-Toluca y a la subcuenca Almoloya-Otzolotepec y cubre una superficie de 57.51% del municipio. El municipio pertenece a la cuenca Balsas – Mezcala y a la subcuenca Pachumeco que ubica a 42.49% del territorio municipal” (SEDUV, 2011).

“La precipitación dada en promedio anual se establece en 1,205.5 mm, la más baja se encuentra en diciembre con 8.5 mm y con intensas lluvias en el mes de agosto con 244.2 mm” (SEDUV, 2011). La localidad de San Francisco Putla dentro de su extensión territorial no cuenta con ningún cuerpo de agua y los ríos son intermitentes como se puede observar en la Figura 16:

Figura 16: Hidrología de San Francisco Putla.



Fuente: Shape de INEGI (2011)

2.2.4 Clima

El clima en Tenango del Valle de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (2014), “predomina el clima C(w2) (w) b(i) g, que es un clima templado subhúmedo con ocurrencia de sequía intraestival y porcentaje de lluvia invernal inferior a 5 mm de precipitación total anual y una temperatura media anual de 14 °C,

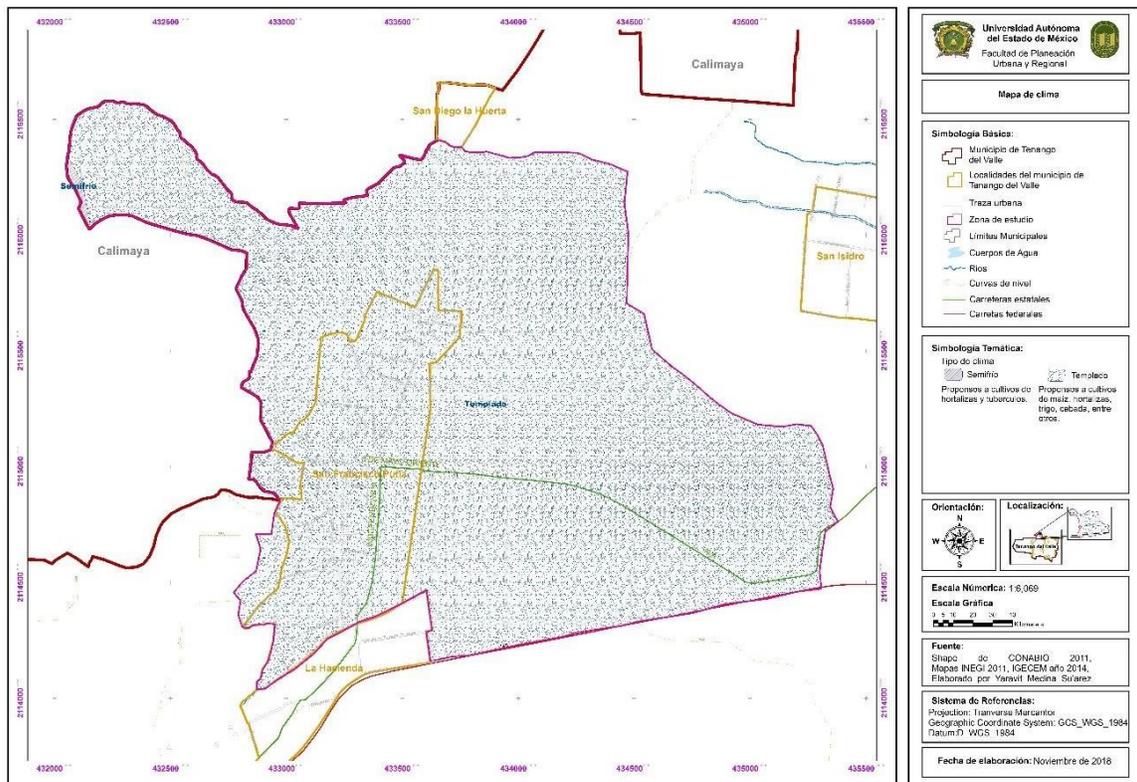
la precipitación anual varía de 800 a 900 mm en la mayor parte de su territorio, mientras que en las zonas con altitud superior a los 3 000 msnm, como el Tetépetl, Xihuxtepetl, Tepehuisco y Xinantecatl, se presenta el clima C (E) (m) (w) b (i) (g), que corresponde a un clima semifrío-húmedo con una precipitación anual de 1,000 mm, y una temperatura anual de 12 C, con lluvias en verano. Se presentan heladas en los meses de octubre a enero. Vientos fuertes en febrero y marzo. La temperatura promedio anual es de 13.5° C, la máxima es de 29.5° C y la mínima de 5° C” (SEDUV, 2011).

La lluvia máxima que se da en los meses de julio, agosto y septiembre con una precipitación de 150 a 160 mm, esta intensidad de lluvia en 24 horas varía de acuerdo con la altitud presentándose en zonas montañosas los valores más altos con 120 mm en un día, es decir, el 10% de la lluvia anual; Mayo es el mes más cálido con un promedio de temperatura de 14° a 15° C, y el mes más frío siendo enero con temperaturas medias entre 11° y 12° C (SEDUV, 2011).

Debido a la variación de temperaturas entre el mes más cálido y el más frío, se considera un clima mesotérmico, es decir, sin variación considerable (SEDUV, 2011).

En la localidad de San Francisco Putla predomina el clima “C(w2) (w) b(i) g, que es un clima templado subhúmedo con verano largo, lluvia invernal inferior al 5%, es isotermal y la temperatura más elevada se manifiesta antes del solsticio de verano, se presenta también el clima semifrío subhúmedo C (E) (w2) (w) b (i) g, con porcentaje de precipitación invernal menor a 5 mm, el verano es largo, es isotermal y la temperatura más elevada se presenta antes del solsticio de verano” información extraída del shape de INEGI (2011); como se muestra en la Figura 17.

Figura 17: Clima de San Francisco Putla



Fuente: Shape de INEGI (2011)

El clima Semifrío, contempla temperatura media anual entre 5 ° y 12 °C, con régimen de lluvia corresponde al de escasa todo el año (SEMA, 2004).

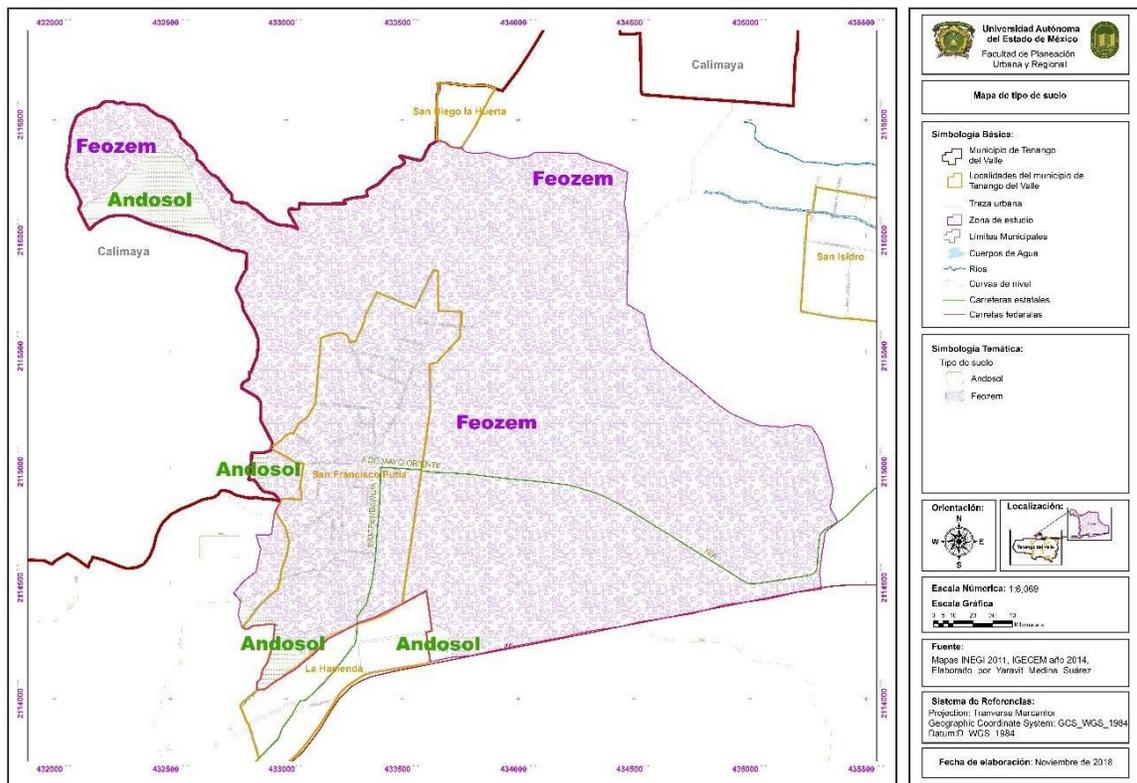
2.2.5 Edafología

“En Tenango del Valle existen distintos grupos de suelos como Andosoles, Cambisoles, Feozems, Litosoles, Regosoles y Vertisoles. “En mayor proporción del suelo del municipio se ubican los Andosoles, que son suelos de color negro que hay en los volcanes y sus alrededores, tienen altos valores en contenido de materia orgánica, sobre un 20%, además tienen una gran capacidad de retención de agua, su principal limitación es la elevada capacidad de fijación de fosfatos, por lo que son terrenos muy apropiados para la agricultura; en otros casos la elevada pendiente en que aparecen, obliga a un aterrazado

previo, situación que no se practica en los terrenos de este tipo del municipio” (SEDUV, 2011:32).

“Al centro norte del Municipio, el suelo es de tipo Feozem, suelos con igual o mayor fertilidad que los vertisoles, ricos en materia orgánica, textura media, buen drenaje y ventilación, son suelos fértiles y soportan una gran variedad de cultivos de secano y regadío, así como pastizales. Sus principales limitaciones son las inundaciones y la erosión, por lo que se recomienda mantenerlos con vegetación permanente” (SEDUV, 2011:32-33).

Figura 18: Grupos de suelo presentes en San Francisco Putla.



Fuente: Shape de INEGI (2011)

La Figura 18 y Tabla 9 se observa la superficie de los grupos de suelo representados en la comunidad de San Francisco Putla.

Tabla 9: Superficie y porcentaje de los grupos de suelo en San Francisco Putla

N°	Tipo de suelo	Superficie (ha)	% de superficie
1	Feozem	49308.85	95.8%
2	Andosol	2161.76	4.2%
Total		51470.61	100%

Fuente: Extraído del Shape de INEGI (2011)

“Los Feozems se caracterizan por presentar un horizonte A mólico, suave, rico en materia orgánica (más de 1%) y saturación de base mayor de 50%, por lo tanto, el contenido de nutrientes (calcio, magnesio y potasio) es elevado” (INEGI, 2001:80). En general, la clase textural es media y su drenaje interno varía de drenado a moderadamente drenado. Las limitantes físicas para su uso y manejo son la presencia de una capa lítica (rocosa) o dúrica (tepetate) a menos de 50 cm de profundidad. Su susceptibilidad a la erosión es leve en las zonas planas y es moderada en laderas con pendientes más fuertes (INEGI, 2001).

Los Andosoles son “suelos derivados de la intemperización de cenizas volcánicas, son muy ligeros, con una alta capacidad de retención de agua y fijación de fósforo” (SEMARNAT, 2007:74). Además son “esponjosos y de textura media (contenido de arcilla y arena menor de 35% y 65%, respectivamente), por lo cual son susceptibles a la erosión en grado moderado o alto (SEMARNAT, 2002:87).

2.2.6 Geología

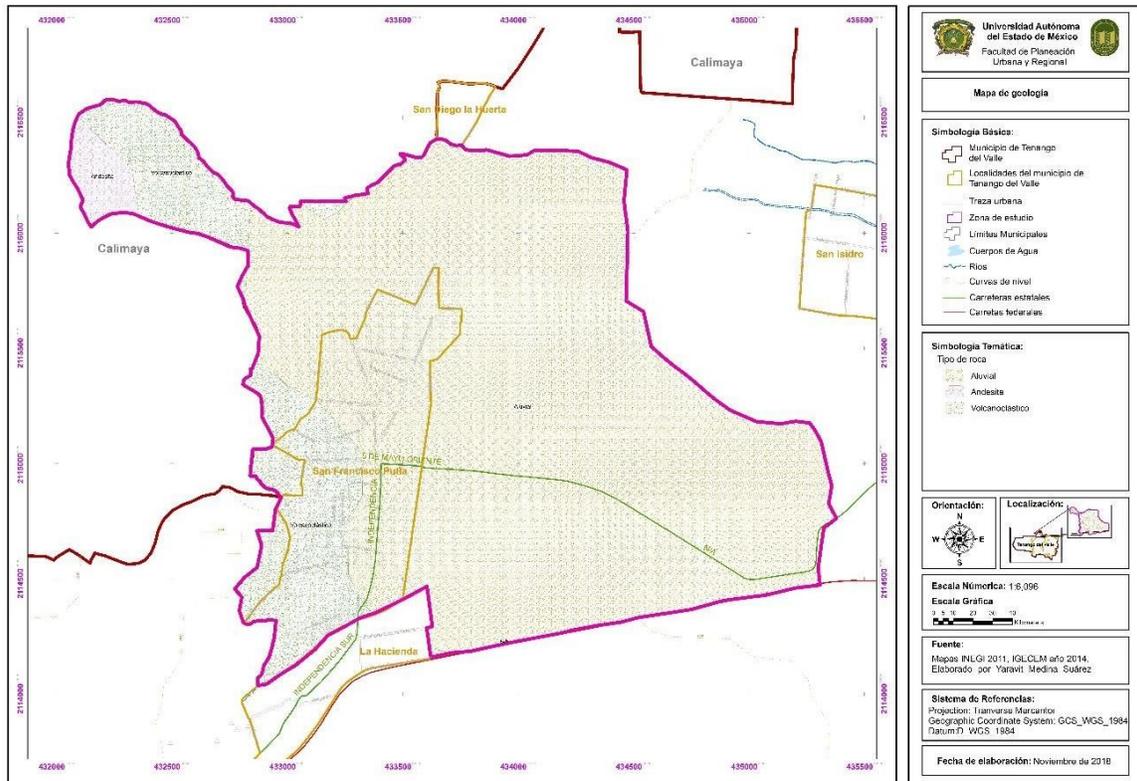
“El factor geológico y su interdependencia socio-ambiental representan la base a partir de la cual se han desarrollado los paisajes. La coherencia y los lugares de contacto de las rocas, la heterogeneidad en edades, el origen y los tipos de unidades litológicas determinan la edafogénesis, la composición fisicoquímica del suelo, la formación de relieve, la localización de los recursos hidráulicos subterráneos, así como la ubicación de los depósitos minerales y materiales de construcción, además de mantener una estrecha

relación con otros elementos, como son la vegetación y la fauna” (Atlas de Riesgos Naturales Aculco, 2014).

De acuerdo con SEDATU en 2013 las unidades litológicas que componen cada formación del municipio de Tenango del Valle son Aluvial (al), Andesita(A), Basalto (B), Brecha sedimentaria (bs), Toba básica (Tb) y Volcanoclástico (Vc).

La localidad de San Francisco Putla está integrada principalmente por aluviales con el 81.9%, volcanoclástico en un 16.2 % y andesita con un 1.9 % (extraído del shape de INEGI (2011)) como se puede observar en la Figura 19.

Figura 19: Geología de la localidad de San Francisco Putla.



Fuente: Shape de INEGI (2011)

“Aluvial (al). - Esta unidad consiste en una mezcla de materiales granulares no consolidados de arrastre, conformados principalmente por gravas, arenas, limos y arcillas. Este tipo de suelo se presenta en la zona de llanura.

Volcanoclástico (Vc). - Roca constituida de fragmentos derivados por cualquier mecanismo y origen depositado en ambientes continentales y marinos. Su clasificación se basa en la combinación de la textura y estructura de rocas piroclásticas y sedimentarias.

Andesita(A).- Es el tipo de roca volcánica de plagioclasa sódica. Este tipo de roca es característica de zonas montañosas y boscosas” (SEDATU, 2013).

2.2.7 Aspectos sociales

En el caso de las condiciones socioeconómicas de la Localidad de San Francisco Putla se reportan las siguientes características: cuenta con una población total de 3,351 habitantes, de los cuales 1,708 a una población femenina y 1,643 corresponden a una población masculina, es decir, el 49% son hombres y el 51% son mujeres.

Según INEGI (2020), la población de 12 años y más económicamente activa (PEA) de San Francisco Putla es de 1,635 habitantes, de los cuales 631 habitantes son población femenina y 1,004 habitantes son población masculina. La población de 12 años y más no económicamente activa total es de 915, de los cuales 697 habitantes son población femenina y 218 habitantes son población masculina. Es decir que el 64.1 % de la población mayor de 12 años realiza alguna actividad económica. La información anterior se considera debido a que los hijos de entre los 10 y 12 años inician a ayudar a las actividades agrícolas que se desempeñan en el ejido.

En el caso de escolaridad, se tiene que el grado promedio es de 8.38 años, la población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela son 12 habitantes; la población de 15 a 17 años que asiste a la escuela son 140 adolescentes, de los cuales 69 son mujeres y 71 hombres; la población de 18 a 24 años que asiste a la escuela son 105 habitantes, de los cuales 49 son mujeres y 56 hombres. Es decir que el 75 % de los estudiantes tienen la oportunidad de acceder a los estudios profesionales y solo un 25% se quedad en la localidad a desempeñar otra labor. Esta información se retoma ya que para el sector agrícola significa menos mano de obra familiar que ayude a las actividades agrarias, y que su vez la población joven se aleje o no les interese seguir realizando actividades campesinas por el acceso a los servicios educativos.

Capítulo 3- Resultados y discusión

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el trabajo de gabinete, laboratorio y de campo. Inicialmente, se describen los resultados cuantitativos de la variabilidad climática de la Comisión Nacional del Agua que representan la amenaza que está poniendo a prueba la resiliencia de los sistemas agrícolas en la zona de estudio. Posteriormente, se muestran los resultados de las características fisicoquímicas del suelo. Por otro lado, también se expresan los datos cualitativos sobre las prácticas de manejo de los sistemas agrícolas de hortalizas adoptadas por los ejidatarios. Finalmente, se presenta el análisis y discusión de los resultados para entender la resiliencia de los sistemas agrícolas de hortalizas ante los eventos climáticos que afectan sus sistemas agrícolas.

3.1 Datos climáticos

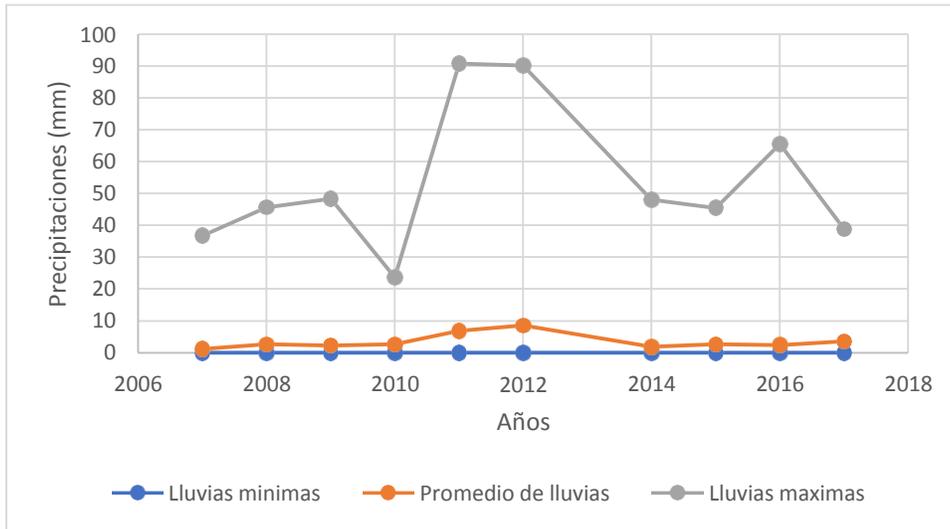
La información meteorológica para esta zona de estudio fue retomada de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través del Servicio Meteorológico Nacional, de la estación meteorológica 15240, ubicada en latitud 19°07'08" y longitud 099°37'55" W en la localidad de San Francisco Putla (zona de estudio). Los datos recopilados se utilizaron para describir el contexto climático en el que se desarrollan los sistemas agrícolas de hortalizas en la zona.

Periodo de lluvias

La zona de estudio se caracteriza por la presencia de precipitaciones con un rango entre 220 a 310 milímetros, en los meses de junio a septiembre. Existe además una disminución de la temperatura manteniéndose de 13.6 °C a 18.9 °C, considerado a enero como el mes más frío (SMA, 2007 retomado de (Díaz, 2019).

La Figura 20 muestra el periodo de precipitaciones de 2007 a 2017 donde se observan lluvias mínimas, máximas y promedios. Las precipitaciones mínimas y promedio se mantienen en la normalidad y la que presenta mayores variaciones son las precipitaciones máximas. Estas últimas muestran que en el año 2010 hubo menor precipitación, y para el 2011 y 2012 las precipitaciones fueron intensas en comparación a los demás años.

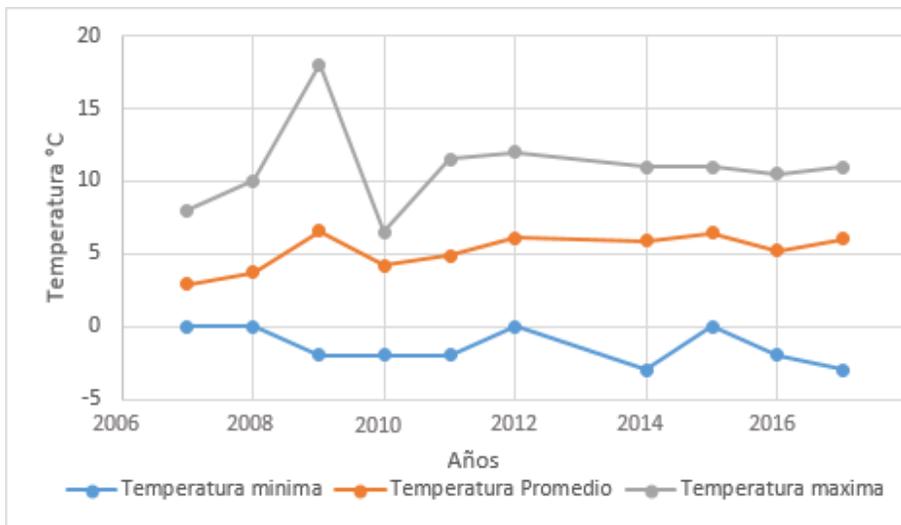
Figura 20 : Precipitación de 2007 a 2017 de San Francisco Putla



Fuente: Elaboración propia en base a estaciones meteorológicas (CONAGUA, 2017).

En el Figura 21 se observan las temperaturas mínimas, máximas y promedios del 2007 a 2017. En el año 2009 se presentaron las temperaturas más altas y bajas.

Figura 21: Temperatura de 2007 a 2017 de San Francisco Putla



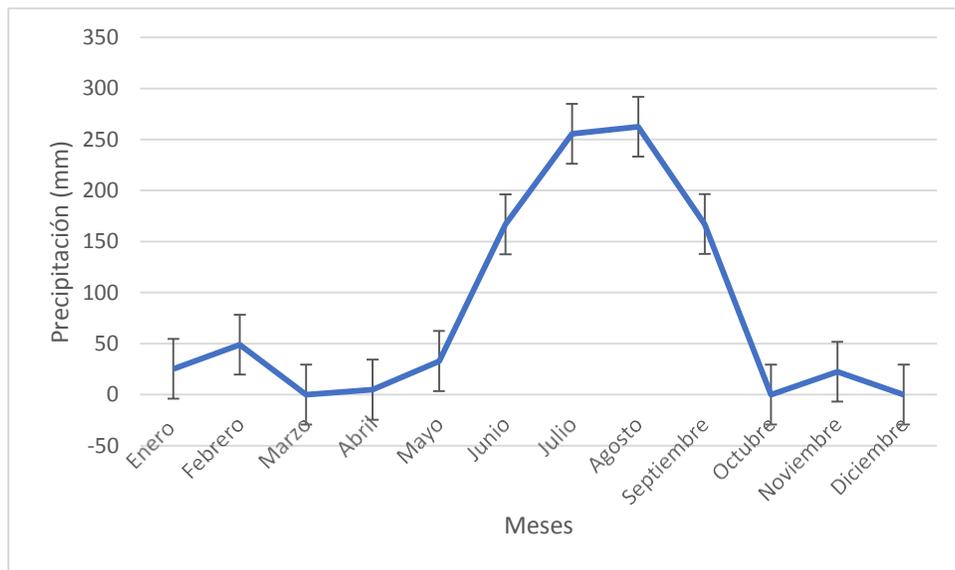
Fuente: Elaboración propia en base a estaciones meteorológicas (CONAGUA, 2017).

3.2 Eventos climáticos extremos

Los siguientes gráficos nos muestran los eventos climáticos extremos de precipitación presentadas en 2010, 2011, 2015 y de granizo del periodo 2007 a 2017. Se tomaron estos años ya que en las bases de datos consultadas eran los años que tenían un registro completo.

La Figura 22 muestra el periodo de precipitaciones totales del año 2010 donde se observa que las precipitaciones por mes estuvieron debajo de los 300 mm. Sin embargo, en el mes de febrero hubo precipitaciones de 49 mm y para los siguientes meses (marzo y abril) no se presentó precipitaciones significativas. Por lo tanto, observamos que el periodo de lluvias da inicio a finales de mayo, aumenta en junio y se establecen las precipitaciones por arriba de los 250 mm hasta agosto. Las lluvias comienzan a disminuir en el mes de septiembre.

Figura 22: Precipitación mensual del año 2010 de San Francisco Putla

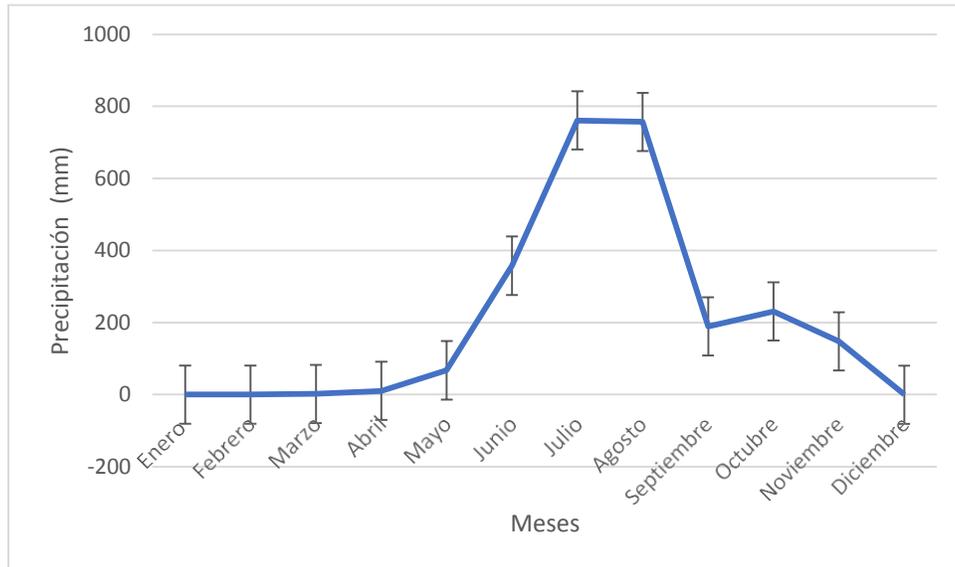


Fuente: Elaboración propia en base a estaciones meteorológicas (CONAGUA, 2010).

La Figura 23 ilustra el periodo de precipitaciones mensual del año 2011, el cual tiene variabilidad con el anterior donde se observa que el periodo de lluvias fue muy intenso ya

que sus precipitaciones llegaron hasta 750 mm por mes; sin embargo, el periodo inicio hasta mayo, julio, agosto y disminuyo en septiembre.

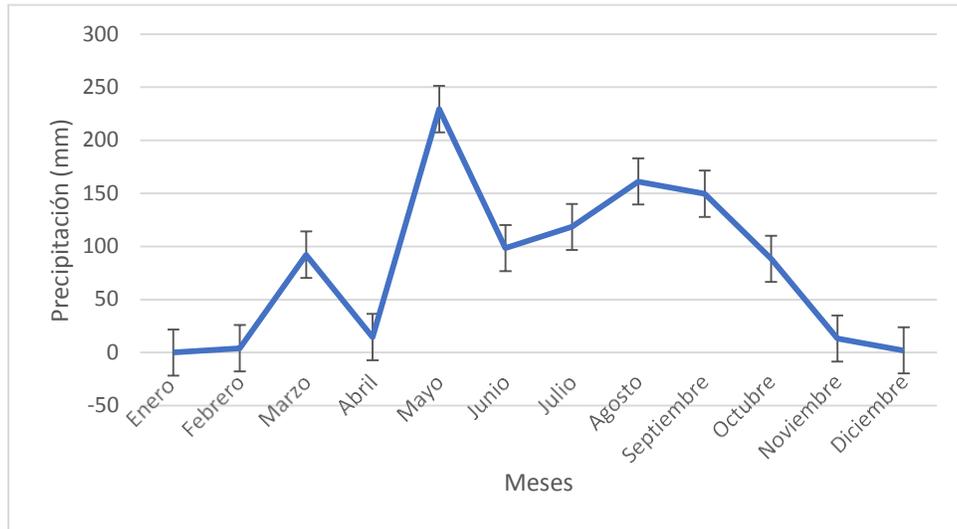
Figura 23: Precipitación mensual del año 2011 de San Francisco Putla



Fuente: Elaboración propia en base a estaciones meteorológicas (CONAGUA, 2011).

La Figura 24 muestra el patrón de precipitación mensual del año 2015 en el cual se observa que las precipitaciones estuvieron por debajo de los 250 mm por mes. Las primeras lluvias iniciaron en marzo, pero en abril no se registró ninguna precipitación, hasta mayo se reanudaron las lluvias con gran intensidad (250 mm), sin embargo, para junio disminuyeron y se volvieron a reanudar (por arriba de los 100 mm) en julio, agosto y septiembre. Los meses sin precipitación fueron también enero, febrero y diciembre.

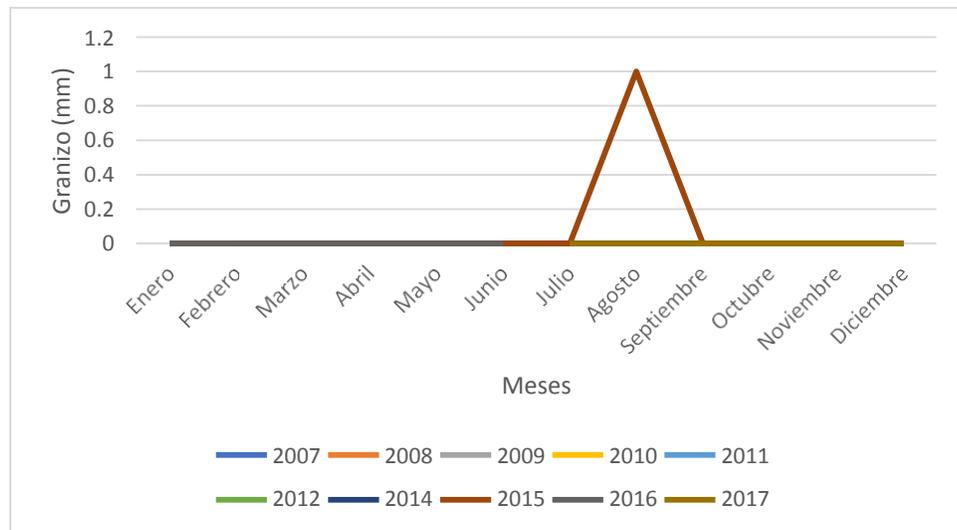
Figura 24: Precipitación mensual del año 2015 de San Francisco Putla



Fuente: Elaboración propia en base a estaciones meteorológicas (CONAGUA, 2015).

En la Figura 25 se muestra las granizadas mensuales registradas de 2007 a 2017 donde se puede observar que solo en agosto en el año 2015 se presentó como evento extremo una granizada.

Figura 25: Granizo mensual de 2007 a 2017 San Francisco Putla



Fuente: Elaboración propia en base a estaciones meteorológicas (CONAGUA, 2017).

3.3 Análisis fisicoquímicos del suelo

En la Tabla 10 se presentan los resultados obtenidos de los análisis físicos de los 11 sitios muestreados de la zona de estudio, de los cuales ocho practican la agricultura de temporal y tres agricultura de riego, y donde se aprecia el tipo de agricultura, color de suelo, DA, DR, porosidad (%) y textura de suelo.

Tabla 10: Propiedades físicas del suelo de San Francisco Putla

Tipo de agricultura	Notación Munsell		Textura de suelo						
	Color en seco	Color en húmedo	D.A. (g/cm ³)	D.R. (g/cm ³)	% Poroso	% de arena	% de arcilla	% de limo	Clave textural
Temporal	10YR 6/2	10YR3/2	1.2	2.5	52.2	73.6	10.1	16.3	Franco Arenoso (CA)
Temporal	10YR5/2	10YR2/2	1.2	2.4	50.6	73.2	14.2	12.6	Franco Arenoso (CA)
Temporal	10YR6/2	10YR3/2	1.2	2.4	51.9	75.2	14.4	10.4	Franco Arenoso (CA)
Temporal	10YR6/1	10YR2/1	1.3	2.6	47.9	79.6	10.5	9.9	Franco Arenoso (CA)
Temporal	10YR6/3	10YR3/2	1.2	2.4	49.6	79.6	8.4	12	Franco Arenoso (CA)
Temporal	10YR6/3	10YR3/4	1.4	2.6	45.1	86.6	9.5	3.9	Arenosa Franca (AC)
Temporal	10YR6/4	10YR3/2	1.3	2.5	49.1	82.5	11.6	5.9	Arenosa Franca (AC)
Temporal	10YR6/3	10YR3/2	1.2	2.4	49.0	80.4	9.7	9.9	Arenosa Franca (AC)
Riego	10YR 6/2	10YR2/2	1.1	2.4	54.9	61.4	18.6	20	Franco Arenoso (CA)
Riego	10YR 6/2	10YR2/1	1.1	2.4	52.6	74.4	15.5	10.1	Franco Arenoso (CA)
Riego	10YR 6/2	10YR3/4	1.3	2.5	47.9	84.4	9.6	6	Arenosa Franca (AC)
		Promedio	1.2	2.5	50.1	77.4	12.0	10.6	

Fuente: Elaboración propia con resultados de laboratorio (2020-2021)

El color en seco de los suelos muestreados de acuerdo con la notación Munsell no arroja diferencias en su condición de agricultura bajo riego o de temporal, ubicándose en colores grisáceo-pardo. En húmedo esta condición se repite para ambas modalidades de uso agrícola siendo pardo grisáceo oscuro.

La DA en la agricultura de temporal se sitúa en un rango de 1.2 a 1.4 g/cm³ y para la agricultura de riego de 1.1 a 1.3 g/cm³ lo cual indica para ambas zonas que tiene una densidad aparente mediana de acuerdo con la Figura 5. El promedio de los datos es de 1.2 g/cm³ que también es el dato de mayor frecuencia.

La DR en la agricultura de temporal se sitúa en valores de 2.4 a 2.6 g/cm³ y en la agricultura de riego se sitúa de 2.4 a 2.5 g/cm³. Esto nos indica que en la composición mineralógica del suelo que hay presencia de humus y yeso en los valores <2.5 g/cm³ y para los valores mayores a este hay presencia de arcillas, cuarzo, feldspatos, calcitas y micas. El dato con mayor frecuencia para ambas zonas es 2.4 g/cm³ (6 de 11).

El porcentaje de porosidad en el suelo es ligeramente superior para suelos de agricultura bajo riego 47.9 a 54.9, con respecto a los suelos de temporal 45.1 a 52.2, por lo que aparentemente no hay diferencias significativas en cuanto a esta propiedad.

La Textura predominante para ambas modalidades de uso agrícola es la Franco Arenoso (CA) y Arenosa Franca (AC). Por lo que predomina una composición granulométrica que va de gruesa a intermedia de acuerdo Álvarez Arteaga *et al* (2019:14)

En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos de los análisis químicos de los 11 sitios muestreados de la zona de estudio, donde se aprecia el tipo de agricultura, pH real y pH potencial, (M.O.), (CIC), humedad de suelo, aluminio y dos muestras representativas de presencia de NPK.

Tabla 11: Propiedades químicas del suelo de San Francisco Putla

Tipo de agricultura	pH Real	pH Potencial	M.O.	CIC (cmol/kg)	Humedad		Presencia de NPK			
					% Capacidad de Campo	% Humedad a punto de marchitez	Aluminio	Nitrogeno	Fosforo	Potasio
Temporal	5.3	4.5	2.7	10.4	26.3	14.3	Medio	-	-	-
Temporal	5.6	4.8	2.7	13.6	29.3	15.9	Medio	-	-	-
Temporal	6.1	5.3	2.9	17.8	43.1	23.4	Medio	-	-	-
Temporal	6.0	5.3	2.2	21.9	31.4	17.1	Alto	-	-	-
Temporal	5.5	4.9	2.8	11.4	34.5	18.7	Medio	-	-	-
Temporal	6.4	5.4	2.1	12.3	23.3	12.6	Medio	Baja	Media	Alta
Temporal	5.4	4.7	2.5	11.5	35.8	19.4	Medio	-	-	-
Temporal	4.5	4.0	3.0	14.5	37.1	20.1	Medio	Baja-Media	Baja	Medio-alto
Riego	5.6	4.8	2.7	16.7	47.2	25.7	Medio	-	-	-
Riego	5.5	4.8	2.5	15.5	45.3	24.6	Medio	-	-	-
Riego	5.8	5.2	2.5	14.6	32.8	17.8	Medio	-	-	-
Promedio	5.6	4.9	2.6	14.6	35.1	19.1				

Fuente: Elaboración propia con resultados de laboratorio (2020-2021)

De acuerdo con los resultados obtenidos, el rango de pH real va de 4.5 a 6.4 con una media de 5.6, lo que indica que su condición es de extremadamente ácidos, no denotando diferencias significativas entre ambas condiciones de uso. Los valores de pH potencial, aún inferiores a los anteriormente descritos, denotan una alta propensión de estos suelos a incrementar su acidez, lo cual pudiera indicar problemas de moderados a severos sobre algunos procesos en el suelo que involucran la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

La Materia Orgánica en las muestras de agricultura de temporal y riego registran valores similares y se ubican en entre 2.1 y 3 los sitúan en el rango de moderadamente ricos, condición favorable para los cultivos.

La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en la agricultura de temporal se sitúa de 10.4 cmol/kg a 21.9 cmol/kg y en la agricultura de riego de 14.6 cmol/kg a 16.7 cmol/kg, estos valores corresponde a una condición de baja a baja media, siendo un probable factor restrictivo para la disponibilidad de algunos nutrientes en el suelo como Ca, Mg, Na y K.

Las condiciones de retención de humedad, obtenidas a partir de los valores de HCC y HPMP denotan valores medios altos, siendo ligeramente mayor para los suelos bajo agricultura de riego, con respecto a los de temporal. Sin embargo, esto no puede considerarse como una diferencia estadística dado el tamaño de muestra empleada. Estos datos permiten inferir una condición de retención de humedad media a media alta, conferida por la naturaleza mineralógica del material parental, muy probablemente compuesto por arcillas amorfas (alófanos), considerando que la prueba de aluminio activo resultó positiva.

Dada la alta similitud de la información obtenida para ambas condiciones de uso agrícola, se optó por seleccionar dos muestras representativas de ambas condiciones en las que se practicó la prueba de fertilidad (NPK). Los resultados para ambas modalidades fueron los siguientes: Baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo disponible media a media baja, potasio media alta a alta.

3.4 Prácticas agrícolas en los cultivos de hortalizas

En este apartado de resultados se presentan las respuestas de la aplicación de las encuestas semiestructurada a 5 de los 11 dueños de los sitios muestreados (cuatro de

temporal y uno de riego), para conocer diferentes aspectos de sus prácticas de manejo agrícolas, y sus percepciones ante las amenazas climáticas.

Manejo de los sistemas agrícolas

Presentan datos generales de los sistemas de hortalizas, tipos de hortalizas, siembra y cosechas, ver la Tabla 12.

Tabla 12: Información general del cultivo de hortalizas desde la perspectiva del productor

Agricultura de temporal	Agricultura de riego	Observaciones
Los años que han sembrado su terreno son de mínimo 15 años y máximo 25.	Ha sembrado su terreno 24 años.	No aplica
Hace mínimo 10 años que siembran hortalizas y máximo 24 años.	Tiene 24 años sembrando hortalizas.	No aplica
Siembran hortalizas porque el maíz ya no les dejaba ganancias, por rotación de cultivos, es lo que se consume en la región, el periodo de siembra es corto y obtiene más ingresos.	Siembran hortalizas porque deja más dinero y son más rápidas.	No aplica
Los cultivos que siembra son: <ul style="list-style-type: none"> Lechuga, espinaca, chícharo, calabaza, cilantro, coliflor, brócoli y maíz elotero. 	Los cultivos que siembra son lechuga, espinaca, chícharo y brócoli.	No aplica
Razones por las cuales siembra hortalizas: <ul style="list-style-type: none"> razón económica o mayor productividad El mercado determina el tipo de hortaliza a sembrar. 	Sus ganancias dependen del mercado y la naturaleza.	Todos mencionan que el mercado es muy importante para determinar que les fue bien con una cosecha.
Para los cultivos de hortalizas realizan 2 cosechas en un año en cada parcela En número de cosechas al año son por el temporal, la economía y por el ciclo corto del cultivo.	Realiza 2 cosechas por año. Solo realiza esas cosechas por el periodo del cultivo.	Uno menciona que si el temporal es bueno puede sembrar hasta 3 cosechas.

Continuación de la Tabla 12

<p>3 de 4 agricultores anteriormente sembraba maíz para seco.</p> <p>Dejaron de sembrar porque ya no había ganancias, se le invertía mucho y el precio en que se vendía había bajado mucho.</p>	<p>Nunca ha sembrado.</p>	<p>No aplica</p>
---	---------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

Las respuestas de los productores sobre cómo deben ser los suelos de sus parcelas para sembrar hortalizas señalan que deben estar bien abonados (abono natural y químico), tener buenos nutrientes o tener mucha fertilidad. En estos sistemas se llevan a cabo prácticas de manejo del recurso del suelo que permiten mantener la producción de hortalizas las cuales se describen en la Tabla 13.

Tabla 13: Técnicas de manejo de los suelos agrícolas y las mejores prácticas para los cultivos de hortalizas

<p>Técnicas que practican en sus terrenos son:</p>	<p>Consideran que las mejores prácticas para mantener en buenas condiciones el suelo son:</p>
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Surcos a nivel o desnivel. ✓ Rotación de cultivos. ✓ Aplicación de estiércoles. ✓ Zanjas para retención de agua. ✓ Creación de bordos (evitar paso del agua). ✓ Aplicación de abonos orgánicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abonar mínimo cada año con estiércol pecuario. ✓ Rotación de cultivos. ✓ Trabajar a tiempo y adecuadamente (que no se pierda la humedad). ✓ Combinar el abonado (orgánico y químico). ✓ Desinfectar la tierra y fertilizarla.

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

La información de campo indica que durante el periodo de cultivo de hortalizas se requieren de insumos que se aplican de acuerdo con las necesidades del cultivo ya sea ante una

deficiencia nutricional o presencia de plagas. La Tabla 14 ejemplifica los productos utilizados para la “mejora” de la producción.

Tabla 14: Agroquímicos usados en los sitios muestreados de hortalizas de acuerdo con los productores de San Francisco Putla.

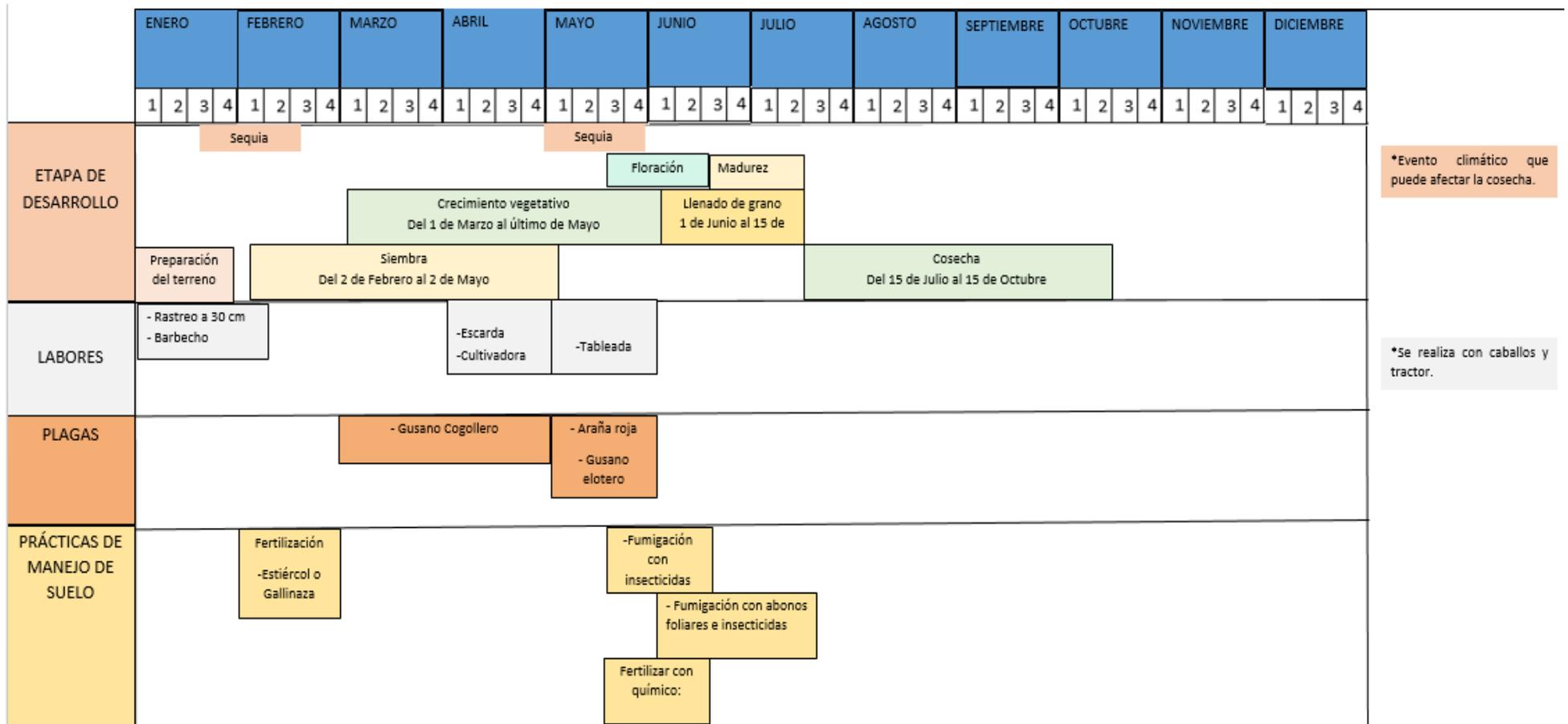
Abono para fertilizar	Foliales	Insecticidas	Herbicidas
-Estiércol de borrego, vaca, puerco y caballo.	-Agromil 1 l X ha.	-Hipermetrinas/ dimetuatos	-Sanazina 1 l X ha
-Gallinaza 2 ton. X ha.	-Pekimin 1 l X ha.	-Furadan	-Dragosen 2 l X ha.
-Fosfonitrato 350 kg X ha.	-Hakapos 6 kg X ha.	-Interfuran	-Comacy 1 kg ha.
-Mezcla maicera 350 kg X ha.	-Polifertil	-Robot	-Afalón
-Sulfato de amonio ½ ton X ha.	-Peka	-Benomilo	-Cencor
-18/46 350 kg X ha	-20/30/10	-Lanate	-Pibot
	-Mezter	-Fiel	
	-Poliker	-Metomex	
	-Fush	-Luafox	
	-Sintec	-Funcin	
	-Agroka	-Quirufan	
	-Balfolan	-Cazador	
		-Arribo	
		-Dragucon	
		-Folei	

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

La producción de hortalizas bajo riego se obtiene de un pozo artesano y riegan cada 8, 12 o 15 días cuando hay cultivo sembrado y en época de lluvia no lo hacen, nunca han tenido ningún problema por el riego y la ventaja es que tienen agua en época de sequía. La desventaja es que los gastos que se generan (por energía eléctrica) son altos.

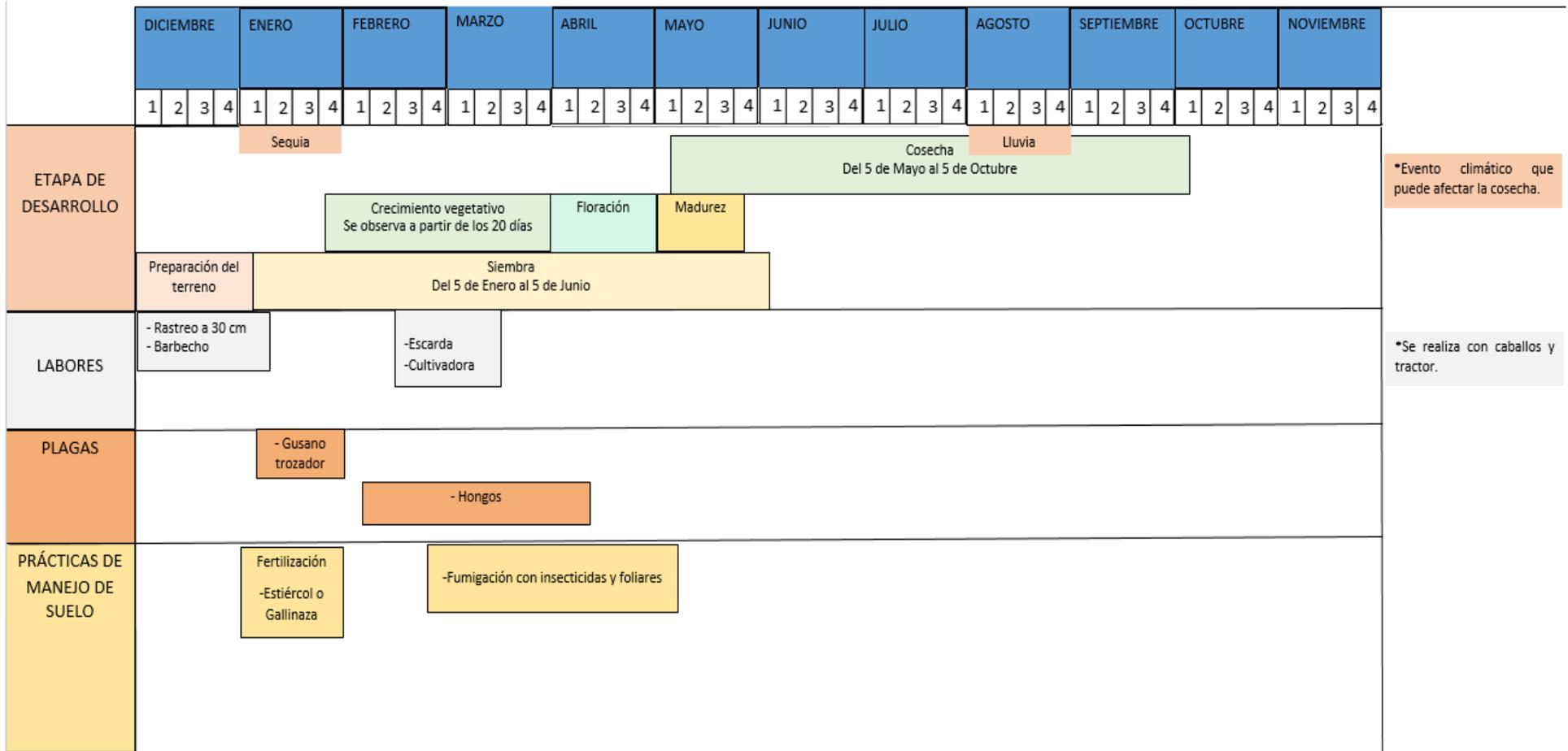
Las Figuras 26, 27 y 28 ilustran los calendarios de tres cultivos con diferentes fechas en su etapa de desarrollo, el primer esquema es del cultivo de maíz elotero en el cual los entrevistados describen las fechas de cultivo (con las variaciones y adecuaciones que han tenido por el temporal) las etapas de desarrollo, labores, plagas y las prácticas de manejo que realizan en el suelo con respecto al uso de agroquímicos.

Figura 26: Calendario de siembra de maíz elotero



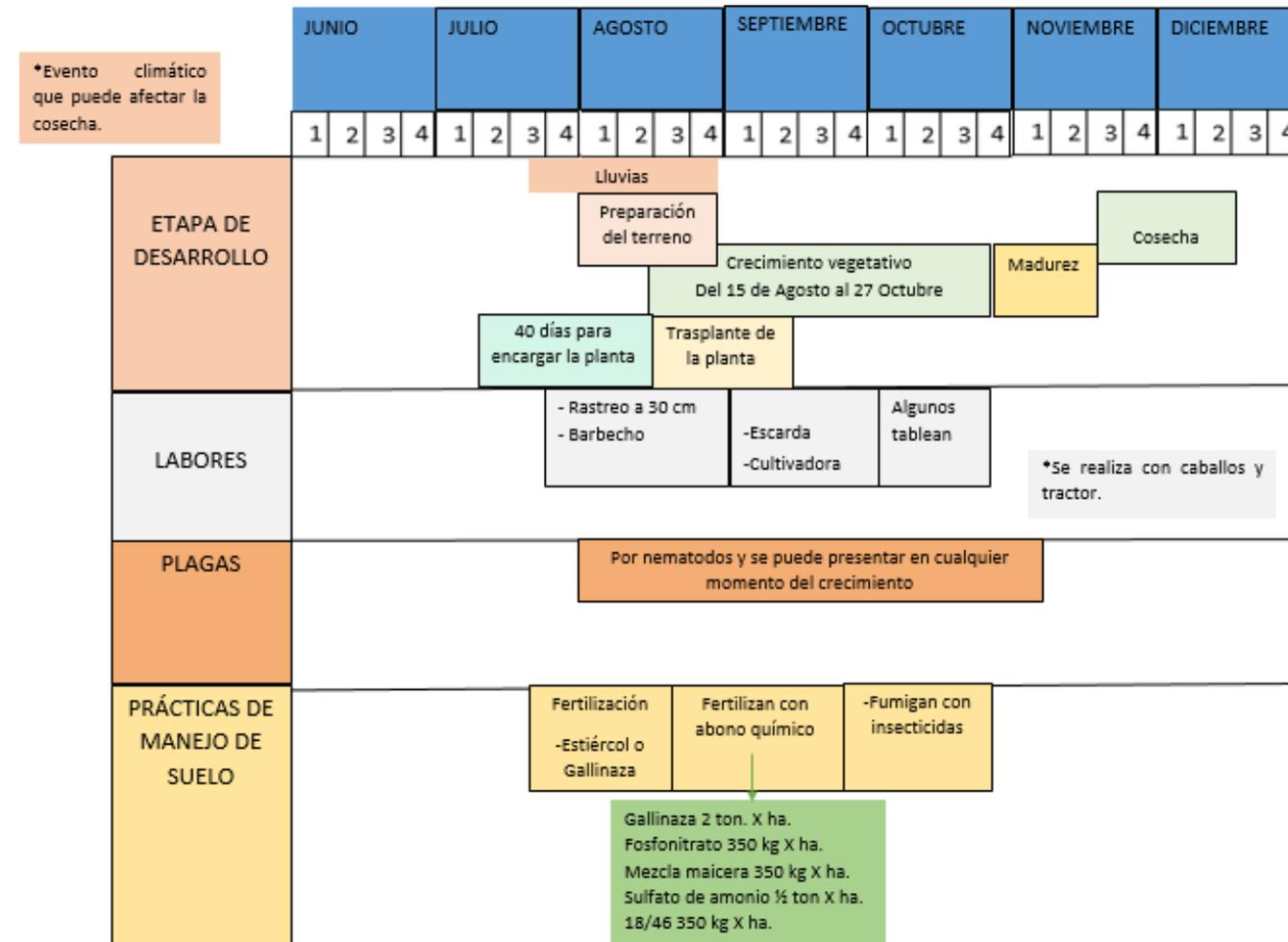
Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo (2021)

Figura 27: Calendario de siembra de chícharo



Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo (2021)

Figura 28: Calendario de siembra de brócoli/hortalizas



Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo (2021)

La Figura 27 muestra las respuestas de los agricultores que siembran chícharo y describen las fechas de cultivo (con las variaciones y adecuaciones que han tenido por el temporal), las etapas de desarrollo, labores, plagas y prácticas de manejo que usan (agroquímicos).

La Figura 28 muestra las respuestas de los agricultores que siembran brócoli y todos mencionan que para todas las siembras de hortalizas como lechuga, coliflor, calabaza, etc., se realizan los mismos procesos de desarrollo, labores, plagas, prácticas de manejo respecto a los agroquímicos y que las fechas de realización dependen de las características del temporal, la disposición del terreno (si ya desocuparon el terreno de la siembra anterior) ya que cuando le venden a terceros tienen que esperar a que cosechen o “desocupen” quienes lo que compraron).

Organización social

Respecto a la organización social, los productores mencionan que no hay algún grupo u organización como agricultores para colocar sus productos en el mercado o que los ayude con problemas que se presenten.

Respecto a la organización de la mano de obra, la mayoría de los agricultores entrevistados respondieron que es familiar, en particular los miembros de la familia mayores de 10 años son los que apoyan en la agricultura de hortalizas. En la Tabla 15 se puede observar.

Tabla 15: Mano de obra familiar disponible de los productores de hortalizas entrevistados

Personas que ayudan y edad.	Actividad en la que ayudan.
3 personas de 30, 40 y 26 años.	Ayudan a deshierbar, tirar abono y fumigar.
3 personas de 47, 23 y 15 años.	Ayudan a trasplantar, deshierbar y tirar abono.
Ocasionalmente 1 de 29 años.	A deshierbar.
2 personas de 22 y 32 años.	Ayudan a sembrar, abonar y económicamente.
6 personas de 15, 21, 31, 33, 35 y 54.	Ayudan en deshierbar, abonar, sembrar y cosechar.

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo (2021)

Sin embargo, tres de los cinco productores entrevistados mencionan que la “ayuda” no es suficiente, es decir, tienen escasez de mano de obra familiar y por consecuente, tienen que pagar a terceros para sacar las cosechas, generalmente son miembros de la comunidad.

En relación con los apoyos de gobierno, cuatro de cinco dijeron que no contaban con ningún programa porque no son ejidatarios (dos de los cuatro) y los otros dos productores, indicaron que no conocen de algún apoyo. Uno de los entrevistados dijo que si cuenta con un apoyo que se llama PROCAMPO por medio de SAGARPA y que la ayuda económica es anual y regularmente lo usa en la compra de fertilizante, pero este programa solo se otorga si siembra algún tipo de maíz (es su caso maíz elotero).

Percepción de la problemática de los cultivos de hortalizas

De acuerdo con las entrevistas respecto a las problemáticas que han enfrentado los productores en sus cultivos de hortaliza de temporal, mencionan que perciben como principal problema las condiciones climáticas, como se observa en la Tabla 16.

Tabla 16: Principal problema de los cultivos de hortalizas desde la precepción de los productores en San Francisco Putla.

Pregunta	Agricultura que practica				
	Temporal 1	Temporal 2	Temporal 3	Temporal 4	Riego
¿Cuál es el principal problema que tiene para producir hortalizas?	Condiciones climáticas	Falta de recursos económicos	Condiciones climáticas	Falta de recursos económicos y condiciones climáticas	Condiciones del suelo

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo (2021)

De manera particular se les pregunto cuáles eran los eventos climáticos que afectaban sus cosechas de hortalizas, todos mencionan que durante las cosechas ha tenido problemas en el ciclo del crecimiento de la planta por sequías, lluvias intensas, heladas y granizadas (ver Tabla 17).

Tabla 17: Percepción de los productores sobre los eventos climáticos que afectan los cultivos de hortalizas en San Francisco Putla.

Evento que le afecta	Frecuencia	Agricultura que practica
Sequias Heladas Comercialización (los precios están bajos)	Cada 5 años Cada 4 o 5 años	Temporal
Sequias Granizadas	Cada año	Temporal
Sequias Lluvias Granizadas moderadas Heladas fuertes	Cada año Cada año Cada año Cada 3 años	Temporal
Sequias Lluvias Granizadas Heladas	Cada año con menor o mayor intensidad	Temporal
Granizadas Heladas	Cada 2 o 3 años	Riego

Fuente: Elaboración propia con datos de trabajo de campo

Con respecto a la percepción de los productores entrevistados de cuáles son los cultivos que consideraban que tienen más riesgos de perderse o dañarse por el clima, mencionaron lo siguiente resumido en la Tabla 18:

Tabla 18: Percepción de los productores, riesgo o pérdida por evento climático y respuestas.

Agricultura	Cultivo	Problema	Evento	Cuanto perdió de la cosecha	Cuando se presentó el evento (mes, año)	Que hace para aminorar el impacto
Temporal 1	Lechuga	Pudrición	Lluvias prolongadas Granizadas	50%	2014	Nada
	Chícharo	Sin dato	Heladas	Sin dato	Sin dato	Nada
	Brócoli	No se desarrolla	Sequias	50%	2020	Nada
Temporal 2	Lechuga	Daña el cultivo Humedad	Granizada Lluvias	Hasta 80 %	Sin dato	Nada
	Brócoli	Daña la planta Humedad	Granizada Lluvias	30%	Sin dato	Aplica insecticidas
Temporal 3	Maíz elotero	No se recupera la planta	Helada	Hasta 30%	2016 o 2017 y 2020	Nada
	Chícharo	No se desarrolla	Sequia	Hasta 30% o 40%	2010	Nada
	Lechuga	Falta de humedad	Sequia	Hasta 100% pero regularmente 40%	Sin dato	Nada
Temporal 4	Lechuga	Humedad	Lluvias	De 20% a 30%	2007 o 2009	Nada
	Chícharo	Falta de humedad	Sequia	Sin dato	Sin dato	Nada
Riego	Lechuga	Sin dato	Granizada	100%	2008 o 2009	Nada
	Chícharo	Maltrata la planta	Granizada	Sin dato	Sin dato	Nada
	Quelites	Sin dato	Helada	Sin dato	Sin dato	Nada

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021).

Se observa en los resultados que los cultivos de lechuga fueron mencionados por los productores como vulnerable a pérdida por eventos como granizada, lluvias o sequía.

Respuesta a eventos climáticos que afectan los cultivos de hortalizas

Al reconocer que los productores perciben las afectaciones a sus cultivos asociados a eventos climáticos, se abordó el aspecto de las respuestas que han desarrollado para enfrentar estos eventos, se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19: Respuestas ante la presencia de eventos climáticos con riesgo a afectar los cultivos de hortalizas desde la percepción de los productores

Evento/ agricultura	Sequia	Lluvias prolongadas	Granizadas	Heladas
Temporal 1	Nada	Nada	Nada	Nada
Temporal 2	Nada, pero una ocasión rego con agua de pipa	Aplicar fungicidas para evitar la humedad	Echar cohetes y aplicar desestresantes a los cultivos (foliares)	Nada
Temporal 3	Nada	Nada	Anteriormente cooperaba para cohetes, ahora nada	Aplicar desestresantes para que no muera la planta
Temporal 4	Nada	Nada	Nada	Nada
Riego	Regar con el agua de pozo	No regar	Copero para echar cohetes	Nada

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

Como se puede observar, los agricultores de temporal consideran que no pueden hacer nada ante la sequía; para enfrentar las lluvias intensas aplican fungicidas o dejar de regar en el caso de las parcelas con riego; para las granizadas refieren el uso de fuegos pirotécnicos y aplican desestresantes (foliares) y finalmente para las heladas solo uno reporta aplicar desestresantes para que no muera la planta y los demás consideran que no pueden hacer nada.

Se preguntó adicionalmente a los productores sobre cómo identifican que a su suelo le hacen falta nutrientes, a lo que todos tuvieron una respuesta similar. Su indicador es como se desarrolla o se ve la planta durante su crecimiento:

- ✓ “Porque la planta esta triste”
- ✓ “Porque la planta no desarrolla”
- ✓ “Por la apariencia de los cultivos (si está bien de nutrientes la apariencia es verde oscuro en la planta)”
- ✓ “Cuando la planta no responde”
- ✓ “Por cómo se ve la planta”

Por otro lado, como parte de sus respuestas ante la variabilidad climática, en particular al periodo de lluvias, todos los productores mencionan que han tenido que modificar las fechas de siembra, por lo cual ahora no tienen periodos exactos como antes y esto se debe a que cada año se presentan condiciones climáticas diferentes (para el caso de los sistemas de temporal).

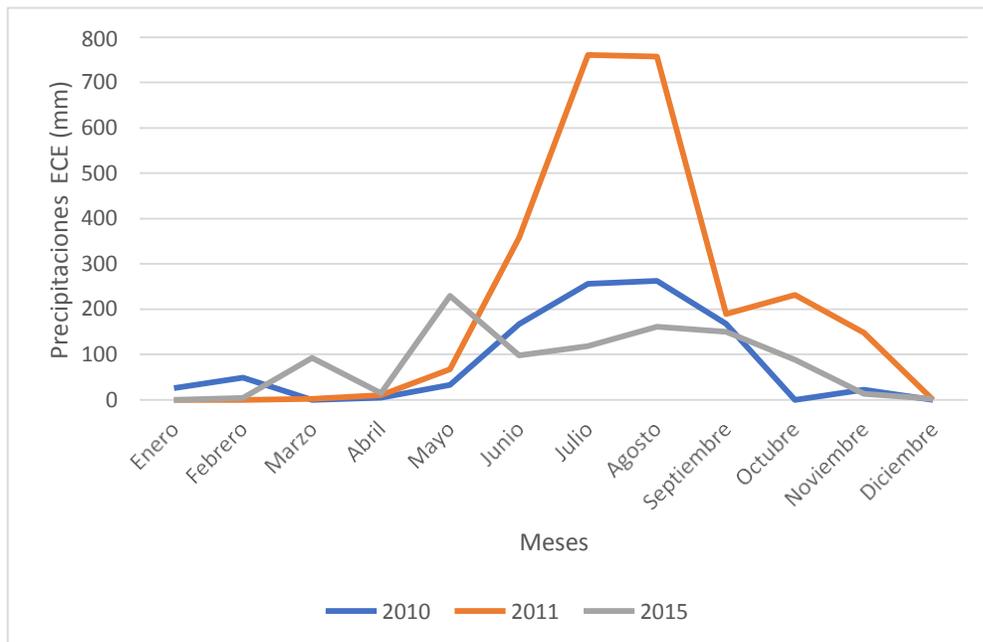
3.5 Análisis y discusión de resultados

Se identificó a partir de los instrumentos de recolección de información que existe la presencia de amenazas que afectan los sistemas hortícolas asociados al clima, suelo y prácticas agrícolas. La discusión se inicia con estos elementos para después hacer el análisis de la resiliencia de los sistemas agrícolas de hortalizas en San Francisco Putla.

Clima

Se observa de acuerdo con los resultados sobre las precipitaciones medias anuales del periodo 2007 al 2017 que el clima presenta una distribución típica de la zona, iniciando su temporada de lluvias en mayo y terminando en octubre, con variabilidad en los valores máximos entre el periodo 2007 al 2017 (Figura 20). Sin embargo, los datos de las precipitaciones medias mensuales para los años 2010, 2011 y 2015, (ver Figura 29) indican que si existe una marcada variabilidad en la distribución de la precipitación pluvial año con año.

Figura 29: Precipitación mensual de 2010, 2011 y 2015



Fuente: Elaboración propia con base a CONAGUA (2017)

Para el año 2010, se identifica que la precipitación de junio a septiembre fue promedio, sin embargo, se presentaron ocho meses con bajas precipitaciones (enero a mayo y octubre a diciembre). De acuerdo con los agricultores de temporal en ese año hubo pérdidas de cosechas por sequía.

En 2011 y 2015 la distribución de la precipitación fue diferente. Por ejemplo, el 2011, presentó lluvias atípicas: de enero a abril no presentó precipitaciones, iniciaron en mayo y súbitamente se incrementan en junio llegando 300 mm, en julio y agosto a casi 800 mm y disminuyendo a 200 mm en octubre, 100 mm en noviembre y 0 mm en diciembre. Las precipitaciones pluviales rebasaron el rango promedio de 220 mm a 310 mm. Esto generó condiciones de alta saturación de agua en los suelos, provocando pérdidas por el incremento de humedad o hasta inundación de los cultivos; como reportaron algunos agricultores en particular, esto es delicado en las siembras de lechuga ya que son muy sensibles a mayor humedad y son condiciones a las cuales el agricultor difícilmente puede adaptarse.

Para el año 2015 el promedio mensual de precipitación no presenta cambios atípicos significativos, sin embargo, el periodo de lluvias inicio en marzo y el máximo de precipitaciones se presentó en mayo en lugar de julio y septiembre. De acuerdo a la información del SEDUV (2011) la precipitación “promedio anual, se establece en 1,205.5 mm, la más baja se encuentra en diciembre con 8.5 mm y con intensas precipitaciones en el mes de agosto con 244.2mm”. Por lo tanto, podemos observar que se están presentando cambios significativos en el régimen de lluvias y la cantidad de precipitación; Los sistemas agrícolas están bajo una variabilidad climática que cambia año con año y a la cual el agricultor esta o tendrá que adaptarse por medio de sus prácticas (agroquímicos, labranza, etc.)

Se registró la temperatura promedio anual del periodo 2007 a 2017, en general presenta valores en el rango medio y con una ligera tendencia a ir aumentando. Por otro lado, se observa una tendencia a disminuir el valor del promedio anual de temperatura mínima (en los años 2009, 2010, 2011, 2014 y 2017) con valores de -3°C. Para las temperaturas medias máximas destacaron el año 2009 con 18°C rebasando la media de 11°C. De acuerdo con la información del SEDUV (2011) mayo debería ser el “mes más cálido con un promedio de temperatura de 14° a 15° C, y el mes más frío enero con temperaturas medias entre 11° y 12° C”, sin embargo, se observan cambios significativos en los rangos de temperaturas (con datos de - 0 °C). Esta variabilidad climática en temperatura se asocia a una perturbación en el sistema agrícola de hortalizas, ya que los agricultores comentaron que en esos casos llega a perder por lo menos el 50% de las dos cosechas que sembró durante ese año por eventos climáticos.

En la gráfica de eventos climáticos extremos por granizo de 2007 a 2017 se observó que en el año 2015 en el mes de agosto hubo una granizada, sin embargo, este mes es uno de los más importantes para los agricultores ya que sus siembras como el maíz elotero o el chícharo están en la etapa de cosecha y la mayoría de las cosechas de brócoli, lechuga, coliflor están recién trasplantadas por lo que los cultivos se pierden y esto representa pérdidas económicas importantes para ellos. De acuerdo con las respuestas de los campesinos, ellos deben hacer uso de su conocimiento empírico para reconocer las características del clima y determinar el tipo de cultivo y prácticas de manejo cada año.

Suelo

Los resultados indican que las características físicas y químicas de los sitios muestreados de agricultura de temporal y de riego son muy homogéneas, es decir, los productores manejan suelos muy similares y no hay diferencia entre los tipos de agricultura. Además, los rangos de los datos en los análisis físicos de suelo muestran que en general son aptos para llevar a cabo la agricultura de hortalizas, en particular por la textura, materia orgánica y densidad aparente ya que tienen rangos medios y como menciona Van Haeff y Berlijn (2015) la adaptación de las hortalizas a diferentes suelos es relativamente amplia.

Sin embargo, cabe mencionar que la textura de suelo puede representar un escenario negativo si el agricultor no toma en cuenta que debe fertilizar periódicamente sus suelos ya que como lo menciona Van Haeff y Berlijn (2015) los suelos Franco Arenosos tienen buen drenaje por lo cual el agua y los nutrientes se pierden fácilmente.

Asimismo, dentro de los análisis químicos el pH real se situó entre 5.3 a 6.4 (más un caso extremo de 4.5), lo cual representa un problema para el desarrollo de los cultivos de hortaliza que requieren preferencialmente un pH cercano a la neutralidad. Los rangos de pH potencial indican que los suelos podrían soportar una unidad más para llegar a su límite de acidificación, por lo tanto los agricultores deberían de evitar el uso excesivo de los fertilizantes químicos nitrogenados porque éste provoca que el suelo se acidifique, y de continuar con esas prácticas (en particular cuando es en exceso) podría generar la acidificación total del suelo y representar un problema serio para los sistemas agrícolas de hortalizas. Cabe señalar que el uso de agroquímicos es una práctica generalizada del cultivo de hortalizas, y de acuerdo con lo que reportan los productores entrevistados,

aplican una gran diversidad de agroquímicos y la mayor parte lo aplica de forma empírica, porque no hay trabajo extensionista de capacitación sobre su uso.

La Materia Orgánica es un indicador importante de resiliencia de estos sistemas agrícolas, si se considera la textura de estos suelos se podrían esperar valores bajos, teniendo en cuenta que llevan aproximadamente 80 años bajo uso agrícola. Sin embargo, presentan valores de medio a moderadamente rico, esto puede estar asociado con la práctica de incorporación de abonos (aplicación de estiércol de animales de carga o gallinaza), de manera periódica que realizan los agricultores en cada periodo de cultivo. Es decir, esta práctica contribuye a mejorar las condiciones del suelo para obtener sobresalientes producciones en sus sistemas agrícolas, por ello los agricultores reportaron la práctica de abonado como una de las mejores para este tipo de suelos. Esto señala la importancia que tienen las prácticas de manejo para continuar mejorando sus suelos de forma empírica.

Respecto a la Capacidad de Intercambio Catiónico, los resultados presentan valores bajos que indican poco intercambio y disponibilidad de nutrientes que puede obtener la planta del suelo ya que como lo menciona la FAO (2021) un suelo con baja CIC indica bajos contenidos de MO, escasa presencia de arcillas o de tenerlas, éstas poseen poca capacidad de carga, por lo tanto hay baja transferencia de cationes y este podría representar un problema para el desarrollo de la planta y por ende la productividad que obtengan los agricultores.

Si bien los rangos de humedad disponible son relativamente estrechos ya que se sitúan en un promedio de 20% aproximadamente para punto de marchitez permanente y aproximadamente 35% de capacidad de campo de acuerdo con el método empleado, esto indicaría que el contenido de humedad disponible es relativamente bajo. Sin embargo, para este tipo de suelos que contienen minerales poco estructurados como los alófonos que dieron positivo en la prueba de púrpura tienen capacidad de retención de humedad elevada. Se puede considerar que esta presencia de los minerales le da contenidos de humedad disponible de medios a medios altos. Por ello, estos retienen humedad en épocas de lluvias intensas y pueden hacerlos propensos a la acumulación de agua en los suelos.

Los datos semicuantitativos sobre la presencia de NPK en el suelo, permite entender porque los agricultores usan fertilizantes como el 18/46, ya que en la zona el tipo de suelo presenta valores de rango medio a bajo en fósforo. Por lo cual, los campesinos aplican

agroquímicos con mayor cantidad de este macronutriente. Por otro lado, la presencia alta de potasio podría representar un elemento que ayuda a la resiliencia de estos sistemas agrícola ya que autores como Andrades y Martínez (2004) mencionan que el mantenimiento de determinados niveles de potasio aumenta la resistencia de las plantas a las sequías y heladas. Finalmente, en lo referente a la prueba de aluminio los valores son medios, lo que indica que los suelos de la zona puede presentar un déficit de fósforo disponible a las plantas. En consecuencia, estos suelos demandan una mayor dosis de fósforo, la cual es cubierta a través de los agroquímicos aplicados en cada ciclo agrícola.

Es decir, las condiciones de las características fisicoquímicas del suelo permiten hasta cierto grado resistir el impacto de eventos climáticos extremos, sin embargo, hay ciertos elementos que deben fortalecerse por medio de cambios en las prácticas de manejo que permitan fortalecer la resiliencia en el mediano y largo plazo.

Prácticas agrícolas

La actividad agrícola de temporal se ha practicado por más de 80 años en el ejido de San Francisco Putla donde se cultivaba principalmente maíz y trigo para el autoconsumo. Sin embargo, en las últimas décadas se han transformado poco a poco a sistemas agrícolas de hortalizas, los agricultores dicen que esto se debe a que el precio del maíz duro (en grano) o de otros cultivos bajó demasiado en las últimas décadas y ya no percibían ninguna ganancia económica. Barfield (2000) mencionan que la agricultura es un modo de subsistencia con más de diez mil años de antigüedad, y que esta “es posible en gran parte de nuestro planeta, siempre que cuente con las características físicas del suelo, clima, agua y sobre todo exista un sistema socio cultural que permita su viabilidad”. Por otro lado, Bustos (2017) menciona que “la fortaleza y el dinamismo de la producción de frutas y hortalizas en México se asocian, entre muchos otros factores, a la ventaja dada por condiciones climatológicas idóneas para el cultivo de estos productos”. De acuerdo con los agricultores, el consumo de la región cambió y demandó más la producción de hortalizas como la lechuga, chícharo, cebolla, brócoli, cilantro entre otras. Otro factor que menciona que influyó en el cambio del cultivo a hortaliza es que estas tienen un ciclo más corto y pueden obtener dos cosechas al año, además de que las pueden adaptar (sembrar) dependiendo el temporal de cada año.

Es decir, los agricultores observan el clima de ese año y menciona que si no se presentan las típicas lluvias en enero o febrero pueden esperar a sembrar hasta marzo o cuando se presenten las condiciones para que su cultivo pueda desarrollarse. Por lo tanto, podemos decir, que el cultivo de hortaliza permite tener una flexibilidad y que es un factor importante de la resiliencia de estos sistemas, en particular ante la variabilidad climática.

Otro aspecto importante identificado en las entrevistas fue el rol del mercado como un factor para determinar el tipo de cultivo a sembrar, ya que, si ese año se demandan lechugas y tiene buen precio en el mercado, el agricultor optará por sembrar ese cultivo, aunque su vulnerabilidad sea alta ante la variabilidad climática. Viéndose al mercado como un factor económico que influirá en la resiliencia de estos sistemas. Ya que como lo menciona Barfield (2000) la actividad agrícola se ve compuesta con la práctica de actividades complementaria, como la actividad ganadera, la producción artesanal y el comercio.

El suelo es la base de la actividad de los agricultores, el cual está en un completo dinamismo, tanto como un sistema edáfico y como un sistema agrícola con las prácticas que realizan en él. Los agricultores hoy en día perciben que los suelos de la zona son aptos para cualquier siembra ya que los consideran fértiles para cualquier actividad agrícola y el análisis de suelo valida en parte esta percepción, ya que poseen las características necesarias para el cultivo de hortalizas a excepción de algunos casos de pH (ácido), ya que Trillas (2018) menciona que los valores de pH óptimo para los principales cultivos de hortaliza se presentan en rangos de 5.5 a 7.6 pH y en los resultados obtenidos se encuentran un valor de 4.5 pH.

Los agricultores consideran que lo más importante en su sistema es que siempre este bien abonado y atendido. Ellos mencionan que identifican si a su terreno le hacen falta nutrientes o si sucede algo por medio del desarrollo de la planta, si ésta no desarrolla adecuadamente aplican estiércoles, abonos químicos o consultan con algún especialista debido a la importancia económica de estas cosechas para sus familias.

Existen prácticas de manejo agrícola que son adoptadas en sus parcelas y que los agricultores consideran que contribuyen a la resiliencia de estos sistemas como rotación de cultivos, zanjas captadoras de agua, surcos a nivel y desnivel, fertilización, labranza, control de plagas, aplicación de agroquímicos que realizan ante la variabilidad climática y las características del suelo a través de su conocimiento empírico. Realizar las diferentes

actividades mencionadas los agricultores lo llaman “trabajar a tiempo y adecuadamente la tierra”.

Una de las prácticas que están implementando es la aplicación de cal en sus suelos, los agricultores no conocen que los valores de pH de laboratorio indican valores ácidos, sin embargo, se dan cuenta que al hacer la aplicación, sus cosechas mejoran y están apropiándose de la técnica; y adoptándola. Cabe señalar que otro elemento que influye en los suelos ácidos es que si aplican nitrógeno (que, de acuerdo con la lista de agroquímicos, sí aplican), acidifican el suelo, por lo cual este es un factor que afecta a la resiliencia del sistema agrícola y tendrían que modificarlo. Meneses (2017) menciona que con el tiempo el uso de agroquímicos ha demostrado ser inadecuado porque en ocasiones contribuye a la contaminación del suelo.

La adaptación de los agricultores ante la variabilidad climática se fundamenta en la identificación de diferentes periodos de cosecha en un año para un mismo cultivo y que realizan siembra directa o indirecta (según las características de la hortaliza) generando mayor rendimiento en su productividad. También están adaptando la labranza como una respuesta ante el incremento de la humedad, sobre todo en los periodos largos de lluvia (es decir colocan tierra en la base de la planta), y también como una respuesta de control de las plagas que se generan por la humedad. Nelson (2009) argumenta que el cambio climático afecta la agricultura, por los “cambios en los regímenes de lluvias, los cuales aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo y a la vez provoca la proliferación de plagas”. Otro aspecto fundamental que mencionan y que está debilitando sus sistemas agrícolas es la falta de mano de obra, ya que los jóvenes no están interesados en seguir con esta labor y la ayuda disponible seguirá envejeciendo, considerando que la agricultura familiar de esta zona muestra que la población que apoya a las labores es mayor de 30 años y poco apoyo de los jóvenes menores de 20 años. Las labores en las que ayuda la familia son sembrar, trasplantar, deshierbar, tirar abono, fumigar entre otras y en la mayoría de las cosechas no es suficiente por lo cual tienen que contratar ayuda extra; también en las encuestas se mencionó que hay apoyo económico por parte de sus hijos ya que a veces no les alcanza para comprar los insumos para el desarrollo del cultivo, lo que podría afectar a seguir practicando la agricultura.

La reducción de mano de obra o falta de recursos económicos en un futuro cercano puede llevar a estos sistemas a una transformación al obtener ingresos por la extracción de materiales pétreos (tepojal), que retira toda la parte inferior del suelo agrícola (actividad nueva y creciente en la zona) y en la que posteriormente continúa la labor agrícola en sus terrenos, o en el peor de los casos, a la pérdida de zonas agrícolas para ser zonas habitacionales (crecimiento urbano).

Los agricultores perciben que los dos principales problemas de la agricultura son las condiciones climáticas y los recursos económicos. Respecto a las condiciones climáticas, los productores si perciben que los que afectan cada año con un impacto moderado son, la sequía, heladas, lluvias intensas y a veces granizadas. Las afectaciones por sequías o contrariamente por periodos largos de lluvia las pueden minimizar aplicando desestresantes a la planta y así evitar la pérdida de cultivos (aunque represente mayores gastos económicos); las granizadas las contrarrestan con cohetes (fuego pirotécnicos) al dispersar particular en la atmósfera y así disminuir o evitar daños significativos en sus cultivos pero requieren de cooperación económica, aunque algunos productores reportaron que ya no cooperan, puesto que aprendieron a sembrar y cosechar antes de esos eventos, cambiaron de cultivo y le afecta menos una granizada, u otros consideran que no es tan efectivo ya que tenían que estar en el terreno justo antes de que granizara para poder romper la nube y así evitar la condensación pero en ocasiones no llegaban a ese punto y la granizada los afectaba.

Sin embargo, cuando las condiciones climáticas se presentan en forma de eventos climáticos extremos, mencionan que no pueden hacer nada; ellos identifican que en el año 2011 o 2012 las precipitaciones tardaron en llegar, pero cuando llovió fue una gran cantidad que hizo que perdieran hasta el 100% de sus cosechas, también notaron que en el 2009 la temperatura bajo mucho en invierno y en primavera fue más intensa que años pasados, por lo cual su productividad fue baja.

A continuación, se integran en la Tabla 20 las características o elementos más relevantes que estarían fortaleciendo o debilitando la resiliencia de los sistemas agrícolas de hortaliza ante las amenazas de la variabilidad climática.

Tabla 20: Elementos y amenazas de la resiliencia en los sistemas agrícolas de San Francisco Putla

Amenazas		Elementos ecológicos (suelo)	Elemento social (prácticas de manejo)
Sequías Granizadas Lluvias prolongadas heladas	Positivo	<p>Textura Franco arenosa apta para la hortaliza.</p> <p>Valores moderados de materia orgánica.</p> <p>Valores adecuados de potasio.</p> <p>Porosidad media.</p> <p>Niveles medios de NPK.</p>	<p>El cultivo de hortaliza lleva en promedio 20 años.</p> <p>Incorporación de materia orgánica por medio de abonado (estiércol).</p> <p>Rotación de cultivos.</p> <p>Los sitios de riego cuentan con disponibilidad de agua en periodos de estiaje.</p> <p>Precio de cultivo da mayores recursos económicos.</p> <p>Surcos a nivel o desnivel para el control del agua y escorrentía en la parcela.</p> <p>Zanjas para retención de agua o creación de bordos importantes en época de sequía.</p> <p>Desinfectar el suelo con cal para reducir acidez.</p> <p>Uso de agroquímicos para asegurar producción, disminuir la carencia de fósforo y mantener niveles de potasio y como mecanismo de control de plagas.</p> <p>Labranza con maquinaria ayuda a la producción, control de plagas y ante la falta de mano de obra.</p> <p>Pueden actuar ante las granizadas con cohetes para disminuir el impacto.</p> <p>La combinación de prácticas “trabajar a tiempo y adecuadamente”.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

Continuación de la Tabla 20

Amenazas		Elementos ecológicos (Suelo)	Elemento social (prácticas de manejo)
<p>Sequías Granizadas Lluvias prolongadas heladas</p>	<p>Negativo</p>	<p>En los Franco Arenosos y Arenosos Franco se pierden los nutrientes rápidamente.</p> <p>pH ácidos y tendencia para incrementar por la aplicación inadecuada de agroquímicos.</p> <p>Carencia de fósforo.</p> <p>Presencia de aluminio propicia que en épocas de lluvia los suelos se inundan.</p> <p>Baja capacidad de intercambio catiónico por lo cual no hay intercambio de nutrientes del suelo a la planta.</p>	<p>Suelos dedicados a la agricultura desde hace 80 años.</p> <p>La forma de aplicación del estiércol da beneficios a corto plazo.</p> <p>La incorporación de cal en exceso puede afectar a los cultivos.</p> <p>Uso inadecuado de agroquímicos afectan la concentración de macronutrientes.</p> <p>La labranza demanda insumos económicos, y puede cambiar la estructura del suelo a largo plazo.</p> <p>Falta de apoyo gubernamental para los cultivos de hortalizas, y para enfrentar los impactos de eventos climáticos extremos al no ser ejidatarios.</p> <p>Mercado determina el tipo de cultivo.</p> <p>Precio del cultivo puede llevar a hortalizas más demandantes de agroquímicos.</p> <p>Para eventos climáticos extremos no hay respuesta para hacerles frente.</p> <p>Los cultivos de hortaliza son propensos a plagas.</p> <p>Los agricultores no acostumbran a realizar análisis de suelos para determinar su manejo.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

En términos de la resiliencia las acciones de respuesta ante a la variabilidad o eventos climáticos extremos se presentan en la siguiente Tabla 21:

Tabla 21: Acciones de respuesta ante a la variabilidad o eventos climáticos extremos

Elementos	Resistencia	Adaptación	Transformación
Sequia	Sin dato	Siembran en otra fecha.	Sin dato
Helada	No pueden hacer nada.	Evitan sembrar y cosechar en esas fechas.	Sin dato
Granizada	Sin dato	Echan cohetes	Sin dato
Lluvias prolongadas	Sin dato	Aplican agroquímicos desestresantes para la planta.	Sin dato
*Eventos climáticos extremos.	No pueden hacer nada.		

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

La tabla anterior nos describe que los agricultores se han adaptado ante la variabilidad climática por medio del movimiento en las fechas de siembra para evitar sequías, heladas, el periodo de lluvias en la etapa de cosecha o algún evento climático que perciban; también nos muestra como para evitar los daños por granizadas echan cohetes o por la disminución o exceso de humedad en el suelo están usando agroquímicos para evitar el estrés de la planta. Sin embargo, también se observa que para los eventos climáticos extremos los agricultores comentan que no pueden hacer nada.

*Nos referimos a eventos climáticos extremos cuando se presenta una sequía, helada, lluvia o granizada con intensidades fuera de lo normal.

Y en relación con los elementos ecológicos y sociales de la resiliencia de los sistemas agrícolas con las dimensiones de resistencia, adaptación y transformación se indican de forma cualitativa en la Tabla 22:

Tabla 22: Elementos que le permiten a la resiliencia: Resistir, Adaptarse y Transformarse

Elemento	Resistencia	Adaptación	Transformación
Textura de suelo	Sin dato	Aptos para agricultura de hortalizas.	Sin dato
pH	Su pH es ácido.	Sin dato	Sin dato
M.O.	Sin dato	Valores de medio a moderadamente rico.	Sin dato
C.I.C.	Valores bajos: indican poco intercambio y disponibilidad de nutrientes del suelo a la planta.	Sin dato	Sin dato
Humedad de suelo	Humedad disponible baja.	Sin dato	Sin dato
NPK	Sin dato	Los valores son medios.	Sin dato
Aluminio	Demanda de fósforo y retención de humedad.	Sin dato	Sin dato
Suelos agrícolas de más de 80 años	Sin dato	Sin dato	Son fértiles.
Cambio de agricultura a hortaliza	Sin dato	Sin dato	Suelos aptos para su producción.
Rotación de cultivos	Sin dato	Ayudan a la conservación de suelos	Sin dato

Continuación de la Tabla 22:

Elemento	Resistencia	Adaptación	Transformación
Cuenta con riego	Sin dato	Puede producir en época de sequía	Sin dato
Precio del cultivo	Son bajos.	Sin dato	Sin dato
Surcos a nivel o desnivel	Sin dato	Evitan inundaciones en los terrenos.	Sin dato
Aplicación de estiércoles	Sin dato	Mantienen textura y nutren los suelos.	Sin dato
Zanjas para retención de agua	Sin dato	Aprovechamiento de agua en época de sequía.	Sin dato
Creación de bordos	Sin dato	Evitar que entren corrientes de agua al terreno.	Sin dato
Aplicación de abonos orgánicos	Sin dato	Ayuda a fertilizar los suelos.	Sin dato
Trabajar a tiempo y adecuadamente	Sin dato	Mejor calidad y cantidad de cosecha.	Sin dato
Desinfectar el suelo (cal)	Sin dato	Ayuda a neutralizar el pH.	Sin dato
Uso de agroquímicos	Dejan residuos químicos en el suelo. Son caros.	Ayudan a minimizar plagas o estrés a la planta por eventos climáticos.	Sin dato
Labranza con maquinaria	Compactación de suelo.	Agiliza el trabajo en los primeros 30 cm de suelo.	Sin dato
Plagas	Incrementan cada año.	Sin dato	Sin dato
Falta de mano de obra familiar	No es suficiente.	Sin dato	Sin dato

Continuación de la Tabla 22:

Elemento	Resistencia	Adaptación	Transformación
Programas de gobierno.	No hay apoyo para cultivos de hortalizas	Sin dato	Sin dato
Falta de recursos económicos	Los costos de producción se han elevado mucho.	Sin dato	Sin dato
Mercado	Es incierto.	Sin dato	Sin dato
No realizan análisis de las características de su suelo	No conocen el estado físico y químico de su suelo.	Sin dato	Sin dato

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de campo (2021)

En la tabla anterior se considera que los elementos de resistencia son pH, C.I.C., humedad de suelo, aluminio, ya que tienen parámetros o características fuera de los rangos adecuados para los cultivos de hortalizas, por lo cual solo están resistiendo ante el sistema. Otros factores que hacen que el sistema agrícola este resistiendo es el uso de agroquímicos ya que a veces lo aplican de manera inadecuada, la labranza con maquinaria a largo plazo generan compactación a cierta profundidad del suelo, las plagas aumentan cada temporada, la mano de obra familiar no es suficiente, no hay programas de gobierno que ayude a la producción de cultivos de hortalizas, los recursos económicos para la producción aumentan generando que a los agricultores no les alcance, tampoco realizan análisis de las condiciones de su suelo por lo cual desconocen sus características. El mercado es incierto y en ocasiones no le permite al agricultor tener ganancias o recuperar su inversión ya que los precios son bajos.

Los elementos que se consideran que están permitiendo adaptarse al sistema de hortalizas son características del suelo como textura de suelo, materia orgánica, NPK, ya que sus parámetros son buenos (medios) para el desarrollo de los cultivos; las prácticas de conservación como surcos a nivel o desnivel, zanjas para retención de agua, creación de

bordos, aplicación de agroquímicos desestresantes y contar con riego minimizan los impactos que los eventos climáticos generan en la agricultura; las prácticas como rotación de cultivos, aplicación de estiércoles, aplicación de abonos orgánicos, trabajar a tiempo y adecuadamente, desinfectar el suelo (cal) o uso de maquinaria para labranza permite al agricultor mantener o mejorar las condiciones del suelo para tener una buena productividad y calidad de hortalizas.

También se observa que hay elementos que consideramos de transformación ya que hace más de 80 años se practicaba la agricultura de maíz seco y trigo, y hace aproximadamente 20 años se comenzó a cambiar por agricultura de hortalizas ya que las condiciones del suelo, mercado y sociales son diferentes.

Capítulo 4- Conclusiones y recomendaciones

Se cumplieron los objetivos de la investigación de identificar los elementos que determinan la resiliencia de los sistemas agrícolas de hortalizas del ejido de San Francisco Putla, a través del análisis de datos climáticos, las características del suelo, prácticas de manejo y su análisis. Por medio de este proceso de investigación logramos identificar que nuestra hipótesis se cumple ya que los elementos de mayor importancia que determinan la resiliencia de los sistemas agrícola de hortalizas en este ejido son las prácticas agrícolas que realizan los productores y las condiciones de suelo. Sin embargo, elementos externos como accesibilidad al mercado limita la resiliencia de los sistemas.

Se considera que la metodología empleada en esta investigación fue adecuada para cumplir con el objetivo de la tesis, debido a que los elementos empleados fueron suficientes para identificar los elementos de mayor importancia o que intervienen en la resiliencia (prácticas de conservación), y las perturbaciones más significativas para el sistema agrícola, las cuales se debe a los eventos climáticos extremos (sequías, granizadas, lluvias intensas y granizo).

En la sección de clima se identificó que la variabilidad climática y principalmente los eventos climáticos extremos impactan de manera significativa a los sistemas agrícolas de hortalizas. Sin embargo, ante la variabilidad climática los agricultores están respondiendo a través del cambio de fechas de siembra o selección de cultivos, así como de la implementación de prácticas de conservación (surcos a nivel y desnivel, zanjas para retención de agua, creación de bordos para evitar que el agua entre a sus terrenos) y prácticas tradicionales como echar cohetes para evitar granizadas intensas. Desafortunadamente los agricultores expresan que para los eventos climáticos extremos no pueden hacer nada, por lo cual solo resisten ante estos eventos.

Para el análisis de esta investigación se abordó en un inicio dos zonas de estudio, de temporal y riego, sin embargo, después del análisis de las características físicas y químicas del suelo se identificó que la zona de temporal y riego tenían características homogéneas y dentro de la caracterización social la única diferencia entre zonas fue cuando los

agricultores no reportaron problemas por sequias, por lo cual se tomó como una sola área de estudio.

En los resultados del análisis físico y químico de suelo se identificó que la textura de suelo es Franco Arenoso y Arenosa Franca, y que los valores de Densidad Real, Densidad Aparente, Porosidad, Materia Orgánica, Humedad de suelo, Aluminio y el análisis representativo de NPK cumplen los requerimientos para el desarrollo de los sistemas agrícolas de hortalizas.

Los elementos que tendría que trabajar el agricultor son pH que se encuentra en una clasificación acida (4.5 y 6.4 pH), los cuales no son recomendables para los sistemas de hortalizas; la Capacidad de Intercambio Catiónico que es baja podría representar un problema para el intercambio y disponibilidad de nutrientes que puede obtener la planta; la humedad del suelo nos indica que el agua disponible es baja por lo cual en época de sequía representa escases para el sistema agrícola; y por las características edáficas sabemos que contienen minerales como los alójanos (aluminio) nos dice que en época de lluvias prolongadas o intensas las tierras tienden a ser inundables ya que tienen la capacidad de retención de humedad elevada.

En la sección de la encuesta se identificó que la agricultura del lugar lleva más de 80 años y que está en los últimos 20 años se ha transformado de una agricultura de maíz seco a una agricultura de hortalizas, ya que los agricultores dicen que el precio de este producto bajo y ya no les era redituable para subsistir, además de que se dieron cuenta que el suelo no respondía (producción) de la misma manera cada año por lo cual iniciaron a hacer rotación de cultivo, donde identificaron que los cultivos de hortaliza tenían periodos más cortos y eran más manejables en cuestión del temporal (pueden sembrar en diferentes fechas), esto aunado a que el mercado en los últimos años ha demandado más la producción de hortalizas.

Los agricultores consideran que los suelos de esa zona son aptos para cualquier tipo de agricultura ya que son fértiles y que cuando sus siembras no responden regularmente solo con agregar estiércoles, abonos o materia orgánica reaccionan. Ellos mencionan que lo más importante para obtener una buena siembra es trabajar a tiempo y adecuadamente (labranza, fertilización y control de plagas) el suelo, esto implica una combinación de

prácticas que fortalecen las características del suelo y que se adecuan al contexto ambiental, económico y social.

Algunos de los elementos que se identificaron que realizan los agricultores para aumentar la resiliencia de su sistema agrícola de hortaliza son:

- Aplicación periódica de estiércol a su suelo
- Desinfección del suelo realizando aplicación de cal agrícola (que ayuda a evitar la acidificación de su suelo).
- Aplicación de técnicas de conservación como, surcos a nivel y desnivel, rotación de cultivos, creación de bordos, etc.
- Ayuda de mano de obra familiar para los sistemas agrícolas de hortalizas (aunque no es suficiente).
- Aplicación de agroquímicos a la planta después de algún evento extremos para evitar su estrés.
- Echar cohetes para evitar granizadas de gran intensidad.

Por otro lado, los elementos que se identificaron que debilitan la resiliencia de su sistema agrícola de hortalizas son:

- La presencia de eventos climáticos extremos.
- El nulo análisis de las características físicas y químicas de sus suelos.
- El uso incorrecto de agroquímicos (es este caso los nitrogenados).
- El precio o demanda del mercado por los productos hortícolas.
- La nula organización social de la población.
- Los valores bajos de pH que indican acidificación en sus suelos.

Por lo tanto podemos concluir que el sistema agrícola de hortaliza en el ejido de San Francisco Putla tiene respuesta ante algunas perturbaciones, por lo cual su resiliencia presenta principalmente procesos de resistencia ante los eventos extremos, de adaptación por medio de las prácticas de manejo y muy pocos de transformación. Además se identificó que otro factor importante que interviene es el mercado.

Limitaciones

Base de datos incompleta y no actualizada de clima por parte de CONAGUA e inconsistencia en sus datos.

La contingencia por COVID-19 limitó las entrevistas con los agricultores de la zona de estudio. Sin embargo, los casos utilizados aquí sirvieron para realizar un ejercicio de exploración para entender la resiliencia.

Recomendaciones:

Aumentar el número de muestreos y aplicación de encuestas en el ejido de San Francisco Putla.

Hacer un análisis más detallado de las características fisicoquímicas del suelo de San Francisco Putla.

Realizar un taller con los agricultores de la zona para mostrar los resultados de la investigación.

Analizar los promedios semanales o diarios de las bases de datos de alguna otra estación cercana a la zona para identificar mejor los eventos climáticos extremos como las granizadas.

Analizar las medias mensuales de temperatura del ejido de San Francisco Putla.

Futuras líneas de investigación

El mercado y la influencia que tiene en la resiliencia de los sistemas agrícolas.

La urbanización y el impacto en los sistemas agrícolas.

Referencias

- 2000AGRO. (2019). La importancia de las hortalizas en México. *Agro Revista Industrial del Campo*.
- AECID. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (2018). *Lecciones aprendidas sobre agricultura resiliente al cambio climático para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en américa latina y el Caribe*. Obtenido de https://www.aecid.es/Centro-Documentacion/Documentos/Publicaciones%20AECID/Agricultura_resiliente.pdf
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2013). *Agroecología y resiliencia al cambio climático*:. Obtenido de <file:///C:/Users/Amazonas/Downloads/182921-Texto%20del%20art%C3%ADculo-664981-1-10-20130923.pdf>
- Álvarez Arteaga, G., Moreno Cabrera, G. A., Díaz Osorio, G. A., Moreno Martínez, A., Quintero Rubí, I. G., & González, J. C. (2019). *Manual de evaluación de suelos en campo*.
- Andrades, M., & Martínez, E. (2014). Obtenido de Fertilidad de suelo y parámetros que la definen: pdf
- Atlas de Riesgos Naturales Aculco*. (2014). Obtenido de <http://docplayer.es/50760099-Atlas-de-riesgos-naturales-aculco-mexico-2014.html>
- Barfield, T. (2000). Diccionario de Antropolía. En T. Barfield, *Diccionario de Antropolía* (pág. 30). España. Obtenido de <https://consejopsuntref.files.wordpress.com/2017/08/barfield-thomas-ed-diccionario-de-antropologia.pdf>
- Benimeli, M. F., Plasencia, A., Corbella, R. D., Guevara, D. A., Sanzano, A., Sosa, F. A., & Fernández de Ullivari, J. (2019). *Cátedra de Edafología Facultad de Agronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán*.
- Berger. (2021). *Prácticas culturales en el manejo de plagas y enfermedades en hortalizas*. Obtenido de <https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y->

consejos-practicos/practicas-culturales-en-el-manejo-de-plagas-y-enfermedades-en-hortalizas/

Bernal, N. (5 de Mayo de 2017). *ntrzacatecas.com*. Obtenido de <http://ntrzacatecas.com/2017/05/05/cambian-cultivo-de-maiz-por-hortalizas/>

Coomes, O. T., Barham, B. L., MacDonald, G. K., Ramankutty, N. & Chavas, J.-P. (2019) Leveraging total factor productivity growth for sustainable and resilient farming. *Nature Sustainability* 2, 22–28.

Carmona, R. A. (2013). *Determinar la factibilidad de la cosecha de agua, en cinco fincas, en la parte alta de la cuenca del río Jesús María, en Llano Brenes de San Ramón de Alajuela*. Obtenido de <http://www.cadeti.go.cr/sites/default/files/2020-07/Tesis-cosecha-de-agua-UNA.pdf>

Castellanos, R. M., & Morales-Pérez, M. (2016). Análisis crítico sobre la conceptualización de la agricultura de precisión. *Redalyc*.

Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *redalyc*, 21-29.

CEDRSSA. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (Febrero de 2020). *Análisis de la producción y consumo de hortalizas*. Obtenido de http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/88Ana%CC%81lisis_produccio%CC%81n_consumo_hortalizas.pdf

CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (02 de Febrero de 2016). *La población de América Latina alcanzará 625 millones de personas en 2016, según estimaciones de la CEPAL*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/noticias/la-poblacion-america-latina-alcanzara-625-millones-personas-2016-segun-estimaciones-la>

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua (2017). *Normales Climatológicas por Estado*. Obtenido de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex>

- Contreras Mamani, B. (2012). Obtenido de http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/1644/144_2013_contreras_mamani_b_fcag_veterinaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coyote, A. (2021).
- Cruz, C. A. (2010). *Manual de capacitación en Buenas Prácticas Agrícolas*. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B3192e/B3192e.pdf>
- Daza, S. J., & Figueroa, A. C. (25 de Octubre de 2013). *Factores que determinan la resiliencia socio-ecológica para la alta montaña andina*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a04.pdf>
- Díaz, I. J. (2019). Obtenido de UAEM-FaPUR-TESIS-Irma%20Janet%20Díaz%20Colín.pdf
- ENA. Encuesta Nacional Agropecuaria (2014). Obtenido de <http://docplayer.es/23583350-Encuesta-nacional-agropecuaria-ena-2014-informacion-relevante.html>
- ENA. Encuesta Nacional Agropecuaria (2017). *Resultados de la encuesta nacional agropecuaria 2017*. Obtenido de <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/37ResultadosENA2017.pdf>
- Etchevers, J. D., Saynes, V., & Sánchez, M. M. (2016). *Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/J-Etchevers/publication/304581117_Capitulo_4_Manejo_sustentable_del_suelo_para_la_produccion_agricola_A_nation_that_destroys_its_soil_destroys_itself/links/5d41d5e092851cd04696d9dd/Capitulo-4-Manejo-sustentable-del-sue
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2000). *Medio siglo de agricultura y alimentación*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/x4400s/x4400s09.htm>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2002). *Agricultura mundial:hacia los años 2015/2030*. Obtenido de *Agricultura mundial:hacia los años 2015/2030*: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Agricultura-mundial-hacia-los-a%C3%B1os-20152030-Informe-resumido.pdf>

- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2009). *La FAO en México: Más de 60 años de colaboración*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/be792s/be792s.pdf>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2010). *Protección contra las heladas: fundamentos, practica y economía*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y7223s/y7223s.pdf>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014). Obtenido de Agricultura familiar y desarrollo territorial en América Latina y el Caribe: <http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/produccion-agricola-y-clusters/agricultura-familiar-y-desarrollo-territorial-en-america-latina-y-el-caribe/es/>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2021). Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Agosto de 2012). *México: El sector agropecuario climático*. Obtenido de <https://www.cmdrs.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-cambio-climatico.pdf>
- FAO, G. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-Glosario (2009). Obtenido de <https://boletinagrario.com/ap-6,resiliencia+ecologica,4707.html>
- García , A., & Córdoba, M. (2013). *Metodología para la elaboración de estrategias de adaptación al Cambio Climático en el Golfo de Fonseca*. Obtenido de http://repositorio.uca.edu.ni/3083/1/2013_metod%20estrategias_%20de_adaptaci%C3%B3n%20al%20cc.pdf
- García, C. C. (2016). Resiliencia agrícola a la presencia de eventos climáticos extremos en el ejido el Telar, Coatepec Harinas. Estado de México, México.
- Gómez-Oliver, L. (s.f.). El papel de la agricultura. *Análisis*, 4.

- Gutierrez Galeano Diego Fernando, R. M. (13 de Mayo de 2015). *Estado actual de los cultivos genéticamente modificados en México y su Contexto Internacional*. Obtenido de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Estado-actual-de-los-cultivos.pdf>
- Hernández, A. J., Urcelai, A., & Pastor, J. (2002). *Evaluación de la resiliencia en ecosistemas terrestres degradados encaminada a la restauración ecológica*. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/53881/1/ciudadysocied2002847.pdf>
- Hidroponía. (26 de Septiembre de 2015). *Importancia de la agricultura en México*. Obtenido de <http://hidroponia.mx/importancia-de-la-agricultura-en-mexico/>
- IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2001). *Más que alimentos en la mesa: La real contribución de la agricultura a la economía*. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6432/BVE18019633e.pdf;jsessionid=904BAFC1DF7BDC67417A534B81086AE3?sequence=1>
- INAFED-INEGI. Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Obtenido de <https://estadodemexico.com.mx/tenango-del-valle/>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2001). *Suelos*. Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224028/702825224028_13.pdf
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2016). *“Estadísticas a propósito del... día del trabajador agrícola (15 de Mayo)*. Aguascalientes, Ags. .
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Obtenido de https://books.google.com.mx/books?id=LCHZDwAAQBAJ&pg=PA23&lpg=PA23&dq=%E2%80%9Ccuando+el+agua+necesaria+para+su+desarrollo+vegetativo+es+suministrada+por+la+llovía%E2%80%9D+inegi&source=bl&ots=xpr63YO_DA&sig=ACfU3U2yGnaOZvYzxi2UwO5ZY6iC877mwQ&hl=es-419&sa

- InfoAgro. (29 de Septiembre de 2016). *Importancia del cultivo de cereales en México: Maíz, Trigo y Sorgo*. Obtenido de <https://infoagro.com/mexico/importancia-del-cultivo-de-cereales-en-mexico-maiz-trigo-y-sorgo/>
- López, S. A. (30 de Septiembre de 2002). *La Resiliencia, algo a promover.*. Obtenido de <http://www.comminit.com/la/node/149935>
- Magaña Rueda, V. O., Méndez, B., Neri, C., & Vázquez, G. (Abril de 2018). *El riesgo ante la sequía meteorológica en México*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/rde/2018/04/01/riesgo-ante-la-sequia-meteorologica-en-mexico/>
- Mamani, R. (2014). Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5272/TD-1932.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meneses Moreno, N. (Mayo de 2017). *¿Agroquímicos o Agrohomeopatía?* Obtenido de <http://www.cienciahomeopatia.com/wp-content/uploads/2017/05/dra-niurka-meneses-agroquimicos-o-agrohhomeopatia.pdf>
- México, F. Foro-Mexico (08 de Agosto de 2005). Obtenido de <https://www.foro-mexico.com/mexico/san-francisco-putla/mensaje-205874.html>
- México, G. Gobierno del Estado de México (1971). *Monografía, Tenango del Valle*. Obtenido de <https://docplayer.es/83506813-Monografia-tenango-del-valle-gobierno-del-estado-de-mexico.html>
- Municipios. (2021). *Municipios.mx*. Obtenido de <http://www.municipios.mx/mexico/tenango-del-valle/>
- Muñoz Iniestra, D. J., Mendoza Cantú, A., López Galindo, F., Soler Aburto, A., & Hernández Moreno, M. M. (2007). *Edafología Manual de Prácticas*. México: UNAM, FES Iztacala.
- Nelson, G. C. (Octubre de 2009). Obtenido de Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf

- Nicholls , C. I., Altieri, M. A., Henao, A., Montalba, R., & Talavera, E. (2015). *Agroecología*.
Obtenido de <http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2019/02/Dise%C3%B1o-de-sistemas-agricolas-resilientes-1.pdf>
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis (2000).
Obtenido de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- ONU. Organización de las Naciones Unidas (21 de Junio de 2017). *Naciones Unidas, Departamento de asuntos económicos sociales*. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html>
- Palacios, O. (2016). La sustentabilidad de la agricultura de riego ante. *Redalyc*, 8.
- Ricardo, B. G. (16 de Octubre de 2017). *El economista*. Obtenido de El papel de México en la producción y exportación de frutas y verduras: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-papel-de-Mexico-en-la-produccion-y-exportacion-de-frutas-y-verduras-20171016-0088.html>
- Ruiz, T., & Febles, G. (2004). *La desertificación y la sequía en el mundo*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/837/83780201.pdf>
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (s/f). *Normatividad_TGEBAP*. Obtenido de Normatividad_TGEBAP: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/normatividad_agropecuaria/Normatividad_TGEBAP.pdf
- Scotti, A. (18 de Diciembre de 2010). *¿Que es la resiliencia?* Obtenido de <https://barcelonaentransicio.wordpress.com/2010/12/18/%C2%BFque-es-la-resiliencia/>
- SEDATU. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2013). *Atlas de Riesgos Naturales para el Municipio de Tenango del Valle Estado de México 2013*. Obtenido de http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFMunicipales/2013/15090_AR_TENANGO_VALLE.pdf

- SEDUV. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Tenango del Valle, Estado de México (Junio de 2011). Obtenido de seduv: http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/Tenango%20del%20valle/pdumtv.pdf
- SEMA. Gobierno del Estado de México (2004). Obtenido de http://www.sema.gob.mx/SRN/SIIAEC/POETE/CUADROS/Cuadro_6_Descripcion_de_los_Tipos_de_Climas.pdf
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). Obtenido de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mex/estudios/2002/15EM2002V0007.pdf>
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007). Obtenido de <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/mex/estudios/2007/15EM2007F0034.pdf>
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009). *Cambio climático: Ciencia, evidencia y acciones*. Obtenido de https://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/05_serie/cambio_climatico.pdf
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (01 de Diciembre de 2016). *Somos noveno productor de hortalizas a nivel mundial*. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/articulos/somos-noveno-productor-de-hortalizas-a-nivel-mundial>
- Torres D., C. T. (2004). Agroquímicos un problema ambiental. *ecosistemas*, <http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/textos/wp-content/uploads/sites/5/2016/09/agroquimicos.pdf>.
- Trillas. (2018). *Preparación de hortalizas*. Trillas.
- Trujillo, M. A. (s.f.). *La resiliencia en la psicología social*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~javera/pdf/2-3-AF.pdf>
- UACH. Universidad Autónoma de Chapingo (s.f.). *Manejo del suelo*. Obtenido de <http://prepa.chapingo.mx/wp-content/uploads/2019/01/ANTOLOGIA-IIV2.pdf>

- UASLP. Universidad Autónoma de San Luis Potosí (Junio de 2015). Obtenido de <http://cienciatierra.ing.uaslp.mx/ambiental/documentos/memorias%20DP%202014-2015%20II.pdf>
- UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México (2 de Febrero de 2012). La sequía del campo mexicano. "*La sequía ya afecta a 28 estados: UNAM*", págs. 69-72.
- UNFCCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (s/f). *Materiales de formación del GCE para las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación*. Obtenido de https://unfccc.int/sites/default/files/ch7_agriculture-handbook.pdf
- Urbina , V. (2007). *Daños por granizo en frutales. sintomatología y evaluación*. Obtenido de https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/47656/2007_Urbina_Da%F1os%20por%20granizo%20en%20frutales.pdf?sequence=1
- Uriarte, A. J. (2010). *La resiliencia comunitaria en situaciones catastróficas y de emergencia*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/72045848.pdf>
- Uriarte, A. J. (2013). Obtenido de La perspectiva comunitaria de la resiliencia: <https://www.uv.es/garzon/psicologia%20politica/N47-1.pdf>
- Van Haeff, J. N., & Berlijn, J. D. (2015). *Horticultura*. México: Trillas.
- Vargas, J. (2017). *Repositorio UNSA*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4576/ANvacuja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villalba, Q. C. (2003). *El concepto de resiliencia individual y familiar. Aplicaciones en la intervención social*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1798/179818049003.pdf>
- Voisin, O., & Orona Castillo, I. (1993). *Agricultura de Temporal*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/39859249.pdf#page=276>
- Wilhite, D. A. (1985). *Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions*. Obtenido de <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=droughtfa> cpub

Yannick Buitenhuis, Jeroen J.L. Candel, Katrien J.A.M. Termeer, Peter H.(2020) Feindt, Does the Common Agricultural Policy enhance farming systems' resilience? Applying the Resilience Assessment Tool (ResAT) to a farming system case study in the Netherlands, Journal of Rural Studies,Volume 80. unicipios. (2021). *Municipios.mx*. Obtenido de <http://www.municipios.mx/mexico/tenango-del-valle/>