

## CAPÍTULO III

### Artículo 2. Capacidad de adaptación ante la variabilidad climática de los medios de vida Agrícolas en comunidades rurales de alta montaña del Centro de México<sup>4</sup>

Jorge Luis Escobar<sup>a</sup>, Ángel Rolando Endara<sup>b</sup>, Alejandro Imbach<sup>a</sup>, Isabel Gutiérrez<sup>a</sup>, Ángela Díaz<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

<sup>b</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100-A Poniente, Centro, C.P. 50000 Toluca de Lerdo, Estado de México, México

#### Resumen

El estudio se realizó en las comunidades de San Francisco Putla y Raíces, ubicadas en los municipios de Zinacantepec y Tenango del Valle, Estado de México, México. Analiza la capacidad adaptativa, e identifica las estrategias de adaptación que las familias agricultoras han adoptado para asegurar sistemas agrícolas más resilientes ante las adversidades climáticas. La investigación es de carácter interpretativo (cualitativa), se basa en el enfoque conceptual del Marco de Capitales Comunitarios (MCC) y la Adaptación Basada en las Comunidades (ABC). Se utilizó entrevistas semiestructuradas, grupos focales y protocolos de observación como herramientas para recolectar la información. Los resultados demuestran que, la mayoría de capitales de las dos comunidades tienen baja capacidad de adaptación, excepto el capital natural y cultural, que muestran principalmente media capacidad adaptativa. Las principales limitantes de la adaptación son: falta de organización local, limitada capacitación de capital humano, poca relación entre las comunidades (organizaciones locales) con el gobierno y falta de planificación individual, colectiva e institucional de estrategias de adaptación. Estas limitantes ha provocado que, eventos extremos como: sequías, heladas, granizadas, nevadas y lluvias y vientos extremos estén provocando pérdidas considerables en los medios de vida agrícolas de estas comunidades.

**Palabras clave:** capacidad adaptativa, capitales comunitarios, adaptación basada en comunidades, estrategias de adaptación.

#### 1. Introducción

El aumento significativo de los gases de efecto invernadero (GEI) derivado de las diferentes actividades antropogénicas globales y forzamientos internos (variabilidad natural), están provocando variaciones considerables en las variables del clima en todo el planeta. De acuerdo al IPCC (2007) El calentamiento global es real e innegable y se evidencia por los incrementos significativos de la temperatura promedio global, aumento en el nivel promedio del mar, el deshielo

---

<sup>4</sup> Este artículo será sometida a la revista ATMOSFERA, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

del ártico y mayor frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos (Hansen et al., 2006; IPCC, 2007).

Si bien, la variabilidad natural juega un papel preponderante en el cambio global del clima, existe evidencia suficiente para asegurar que la influencia de las actividades humanas ha provocado mayor calentamiento global desde la mitad del siglo XX (Wuebles et al., 2017), principalmente por las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> emitidos a la atmósfera (IPCC, 2007; IPCC, 2014), que en las últimas décadas ha alcanzado niveles nunca antes observados (Hansen, 2012). De acuerdo a Knutson et al. (2017), la contribución de las actividades humanas al incremento de la temperatura media global durante el periodo 1951-2010 es de 0.6 a 0.8°C.

Estos cambios en el clima, expresados a través de la variabilidad climática incluido sus eventos climáticos extremos ocasionan impactos en los sistemas naturales, sociales y humanos (Thorton, Ericksen, Herrero, & Challinor, 2014; IPCC, 2014). Los países en desarrollo y en ellos las comunidades rurales, pobres y marginadas son las más vulnerables a estos cambios; puesto que, la mayor parte de sus medios de vida dependen del sector primario (Andersen & Verner, 2010; IPCC, 2014b).

Las personas que habitan en comunidades de alta montaña en el mundo en desarrollo, incluido México, enfrentan altos índices de marginalidad, pobreza, inaccesibilidad y alta sensibilidad a los cambios de clima (Chaudhary & Bawa, 2011; Milan & Ho, 2013, Abasolo, 2006). En México, estas condiciones desfavorables provocan que los medios de vida de comunidades rurales de alta montaña estén más limitados, en comparación con comunidades de altitudes bajas (Abasolo, 2006; Anastacio, Nava-Bernal, & Franco-Maass, 2014). Se prevé que, la variabilidad climática agrave los desafíos existentes que enfrentan las personas en estas localidades (Macchi, Gurung, & Hoermann, 2017; Milan & Ho, 2013; Macchi, 2014).

En los últimos años, México ha experimentado un aumento en los impactos ocasionados por la variabilidad climática incluido los eventos extremos hidrometeorológicos como: nevadas, heladas, granizadas, inundaciones, huracanes y sequías (CENAPRED, 2008; Peralta-Hernández & Barba-Martínez, 2009; CICC, 2012). La exposición a estos fenómenos climáticos implica una mayor amenaza para los asentamientos humanos y medios de vida de comunidades rurales (O'neil, Hajat, Zanobetti, Ramírez-Aguilar, & Schwartz, 2005; Monterroso & Conde, 2015; Fierros & Ávila-Faucat, 2017).

La vulnerabilidad de los medios de vida de estas regiones se debe a la exposición climática, sensibilidad y baja capacidad adaptativa para afrontar las adversidades del clima (Smit & Pilifosova,

2001; IPCC, 2007; Smit & Westerhoff, 2009, GIZ, 2014). De igual manera, la ubicación geográfica, relieve y posición altitudinal desempeñan un rol importante en la vulnerabilidad de estos territorios (DOF, 2014; Monterroso & Conde, 2015, Conde & López 2016).

Ante los desafíos que imponen la variabilidad climática con sus eventos extremos, deben surgir diferentes estrategias de adaptación, que deben ser planificadas a nivel local (Monterroso & Conde, 2015). No obstante, para que los pobladores adopten estas estrategias, es necesario que reconozcan sus necesidades, intereses e impactos a los que se enfrentan (Barrucand, Giraldo, & Canziani, 2017; Phuong, Biesbroek, Sen, & Wals, 2018). En este contexto, es muy importante la participación de actores locales en el diseño de los planes de adaptación (Herrera, 2013).

Todas las comunidades, sin importar cuán pobres, rurales, aisladas y marginadas sean, cuentan con recursos que pueden utilizar para diseñar y gestionar sus estrategias de desarrollo (Flora & Flora, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2014). Por tal razón, el enfoque de esta investigación se basa en el Marco de Capitales de la Comunidad (MCC) y la Adaptación Basada en la Comunidad (ABC). La ABC considera que, la adaptación climática debe ser un proceso liderado por la comunidad, basado en las prioridades, necesidades, conocimientos y capacidades de las mismas (Care, 2010).

El presente artículo tiene como objetivo analizar la capacidad adaptativa e identificar las estrategias de adaptación ante la variabilidad climática (actual y futura) que las comunidades de San Francisco Putla y Raíces proyectan, para que sus medios de vida sean más resilientes ante estos fenómenos. El análisis permitirá conocer ¿Cuál es la capacidad de adaptación de las comunidades y que medidas de adaptación (individual, colectiva e institucional) proyectan para hacerle frente a la variabilidad climática? ¿Cuál es el potencial de las comunidades para implementar nuevas medidas de adaptación?

## **2. Variabilidad y vulnerabilidad climática**

La variabilidad climática se refiere a las variaciones del estado medio de las variables del clima en todas las escalas (temporales y espaciales) incluyendo sucesos climáticos extremos; está en función de procesos internos naturales dentro del sistema climático y forzamientos externos o antropogénicos (IPCC, 2007). La evidencia científica demuestra que las diferentes actividades humanas, que derivan grandes emisiones de gases de efecto invernadero, son las principales causas de las variaciones observados en las variables del clima (Wuebles, 2017; IPCC, 2014).

Esta variabilidad climática está repercutiendo directa e indirectamente en los sistemas ecológicos, humanos, sociales de comunidades y países pobres (Haines, Kovats, Campbell-Lendrum, &

Corvalan, 2006; Thornton, Ericksen, Herrero, & Challinor, 2014). De acuerdo al IPCC (2014) estos impactos han aumentado en las últimas décadas, ampliando la vulnerabilidad en muchas regiones del planeta. Se entiende por vulnerabilidad climática al potencial de un sistema para ser afectado por una amenaza externa, o el grado de incapacidad de un sistema para hacer frente a esas amenazas, y está en función de la exposición, el carácter y magnitud de los riesgos, la sensibilidad y la capacidad de adaptación (Adger, 2006; Thatthsarani & Gunaratne, 2018).

La vulnerabilidad climática varía en escalas temporales y espaciales, y depende de factores económicos, sociales, geográficos, demográficos, culturales, institucionales y ambientales (Thornton *et al.*, 2007). Comprende información del medio físico, cambios en las variables de temperatura, precipitación y la frecuencia de los peligros (Mainali & Pricope, 2018). Algunos autores definen la vulnerabilidad como un concepto inverso a la resiliencia climática (Gallopín, 2006). Sin embargo, Adger (2006) menciona que, se han encontrado elementos convergentes en los dos conceptos, por ejemplo: los impactos o daños que enfrentan los sistemas socioecológicos y la capacidad de respuesta del sistema.

## **2.1 Capacidad adaptativa en el contexto de vulnerabilidad climática**

La adaptación se refiere a la capacidad que tiene un sistema social, económico o ecológico para ajustarse al cambio climático ocurrido; incluyendo la variabilidad climática y sus eventos extremos, haciendo uso de un conjunto de factores que permitan reducir los impactos y aprovechar las eventuales oportunidades que estas adversidades puedan significar (IPCC, 2007). Estos factores se relacionan en gran medida con los recursos disponibles de los sistemas humanos, sus características y capacidades socioeconómicas, estructurales, institucionales y tecnológicas (GIZ, 2014).

Toda sociedad tiene su propia capacidad para enfrentar la variabilidad climática ocurrida, gira en torno a la capacidad para actuar colectivamente, es decir, debe existir la participación a nivel de individuos, comunidades, organizaciones locales y gobiernos (Adger, Brooks, Bentham, Agnew, & Ericksen, 2004). A nivel local involucra el desarrollo económico basado en sus recursos naturales (capital financiero y natural), educación, conocimiento y valores (capital humano y cultural), infraestructura y tecnología (capital físico), instituciones (capital político), equidad y colectividad (capital social) (Adger *et.*, 2007; GIZ, 2014; Imbach *et al.*, 2015; Abdul-Razak & Kruse, 2017).

Este proceso de adaptación es conocido como adaptación genérica, puesto que el sistema trata de adaptarse a todas las adversidades de manera general, se basa en las estrategias y medios de vida de las comunidades, de manera que, las alternativas de adaptación adoptadas favorezcan el

fortalecimiento de los capitales comunitarios y el desarrollo de los medios de subsistencia de las personas (Smith & Westerhoff, 2009).

## **2.2 Adaptación basada en la comunidad (ABC) desde el Marco de los capitales de la comunidad (MCC)**

El marco de los capitales de la comunidad (MCC), es un enfoque que permite integrar, analizar y entender las dinámicas de las comunidades rurales; se fundamenta en las interacciones y sinergias entre los capitales, y en cómo estos se construyen (Gutiérrez, Emery, & Fernández, 2009). Los capitales son todos los recursos (humanos o materiales) que las comunidades utilizan para crear o fortalecer otros; sirven de sustento para los medios de vida (Flora, Flora, & Fey, 2004; Gutiérrez et al., 2009). Se clasifican en capital humano, social, político, cultural, natural, financiero y físico/construido (Gutiérrez et al., 2014).

El MCC sostiene que todas las comunidades, sin importar los índices de pobreza, marginalidad, ruralidad o aislada que se localicen, cuentan con capitales para diseñar y gestionar su propio desarrollo y bienestar (Flora & Flora, 2013). Mediante un equilibrio entre estos capitales e inversiones en ellos mismos, pueden surgir estrategias sostenibles para abordar las amenazas emergentes, que incluye los eventos extremos ante un clima que cambia apresuradamente, así como otras situaciones de estrés y presión que requieren de espirales ascendentes de retroalimentación entre los capitales (Emery & Flora, 2006). Para que los pobladores adopten estas estrategias, es necesario que reconozcan sus necesidades, intereses, impactos y la vulnerabilidad climática a la que se enfrentan (Barrucand et al., 2017; Phuong et al., 2018). En este proceso, es muy importante la participación de las organizaciones comunitarias y los gobiernos locales (Herrera, 2013).

Conocer las diferentes estrategias de adaptación que los pobladores han emprendido para enfrentar los problemas que conlleva la variabilidad climática y sus eventos extremos es fundamental para la planificación a mediano y largo plazo (Burnham & Ma, 2015). Además, permite identificar el enfoque de adaptación que se ha utilizado. En los últimos años se han desarrollado diferentes enfoques de adaptación, siendo los más destacados la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) y la Adaptación de Basada en la Comunidad (ABC) (Imbach, 2015). La ABC tiene como base la comunidad y es un proceso liderado por los habitantes, son los protagonistas; se basa en las necesidades, intereses, prioridades, conocimiento tradicional y las capacidades para enfrentar las adversidades (Care, 2010; Imbach, 2015).

La construcción de estrategias de adaptación bajo este enfoque se basa en el desarrollo local y los recursos que poseen las personas para desarrollar sus medios de vida (Imbach, 2015). No obstante, la efectividad de estas estrategias dependerá de la capacidad de adaptación a priori que tengan las comunidades (Warrick, Aalbersberg, Dumaru, McNaught, & Teperman, 2016). La ABC tiene mucha relación con los procesos de desarrollo rural (Care, 2010). Supone que las estrategias de adaptación deben vincularse con los procesos de planificación de gobiernos locales y nacionales, además, promueve la gestión de los recursos naturales (Imbach, 2015).

### **3 Metodología**

#### **3.1 Ubicación de la zona de estudio**

La investigación se realizó en el centro de México, específicamente en las comunidades de San Francisco Putla y Raíces; pertenecientes a los municipios de Tenango del Valle y Zinacantepec respectivamente, los dos municipios pertenecen al Estado de México. La comunidad de Raíces forma parte del ejido Loma Alta y se encuentra ubicada dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), a una altura de 3531 msnm., mientras que San Francisco Putla pertenece al ejido del mismo nombre ubicado en el suroeste del Nevado de Toluca a 2749 msnm (Figura 1).

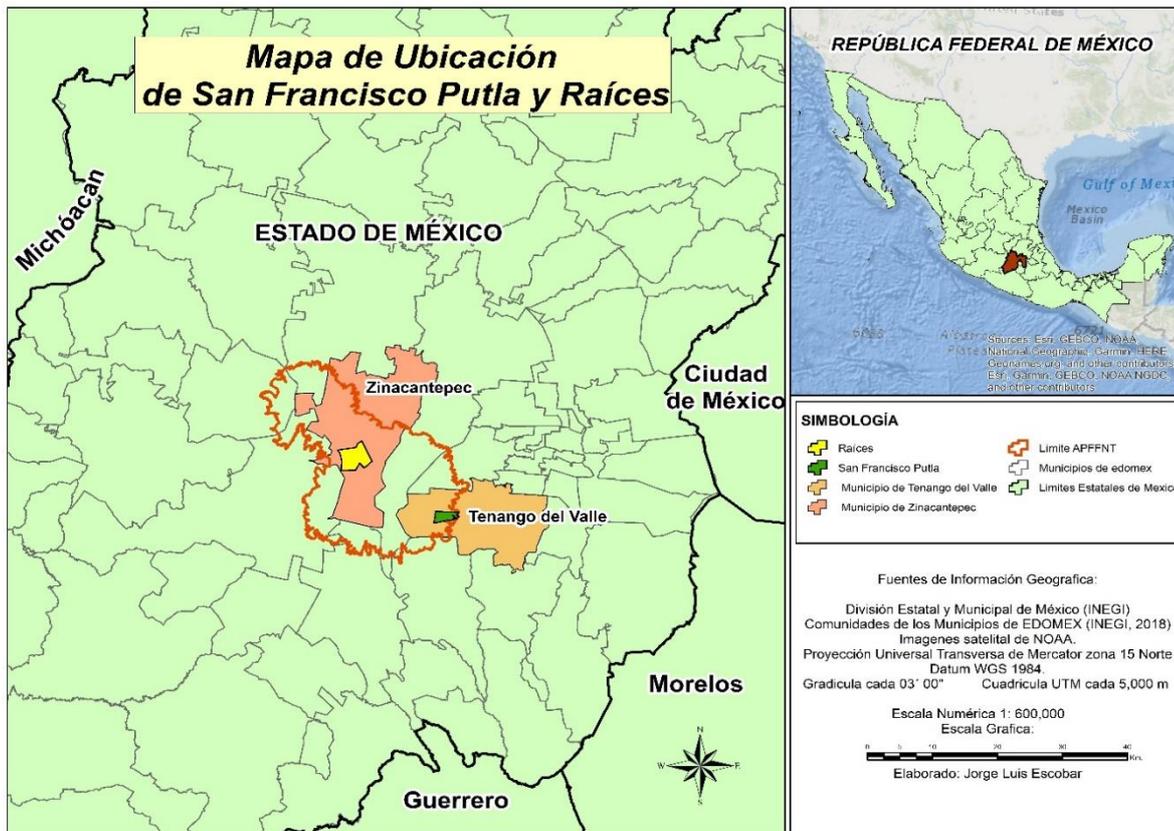


Figura 3. Ubicación geográfica de las comunidades de San Francisco Putla y Raíces

### 3.2 Procedimiento metodológico

Esta investigación se basa en el paradigma interpretativo. Se utilizó un muestreo no probabilístico con la técnica bola de nieve. La participación actores locales y pobladores de las dos comunidades fue clave para obtener la información de interés. Se aplicaron tres herramientas para la recolección de información: Grupos focales (para describir los capitales comunitarios, conocer la percepción de los pobladores sobre los impactos de la variabilidad climática en los capitales comunitarios, analizar el comportamiento del clima en un año normal y sus cambios según la perspectiva de los pobladores), entrevistas semiestructuradas para informantes claves y familias con información sobre el estado actual de los capitales comunitarios, exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los capitales comunitarios ante la variabilidad climática, incluida los eventos climáticos extremos, acciones que se han realizado y potencial de las comunidades para adoptar nuevas medidas de adaptación y un recorrido de observación (desarrollados en campo). Esta etapa se desarrolló entre los meses de noviembre de 2018 a febrero del 2019.

En el caso de San Francisco Putla, se realizaron 52 entrevistas (48 a familias y cuatro a informantes clave), dos grupos focales y un recorrido de observación. Por su parte, en Raíces se hicieron 27

entrevistas (22 a familias y cinco a informantes claves), dos grupos focales y un protocolo de observación. En las dos comunidades se contó con la participación de ejidatarios y no ejidatarios. La información obtenida en los grupos focales fue triangulada y validada con las entrevistas semiestructuradas.

### **3.3 Enfoque conceptual**

Los datos de esta investigación fueron analizados mediante el Marco de Capitales de la Comunidad (MCC), buscando evaluar la capacidad que tienen las comunidades desde sus capitales (humano, social, político, cultural, financiero, natural y físico/construido) para enfrentar o reducir los daños de la variabilidad climática. Este enfoque plantea que todas las comunidades poseen los recursos o capitales mencionados anteriormente, y puede hacer uso de ellos para emprender su propio desarrollo (Flora y Flora, 2013). A través del análisis y la integración de estos capitales se planificaron estrategias de adaptación con el propósito de reducir los impactos de la variabilidad climática.

Las estrategias de adaptación se planificaron bajo el enfoque de Adaptación Basada en la Comunidad (ABC); es decir, los miembros de las comunidades describieron las diferentes alternativas que ya han adoptado y proyectaron en función de sus necesidades, capacidades y prioridades las estrategias que se deben adoptar a corto, mediano y largo plazo.

### **3.4 Análisis de la variabilidad climática y sus eventos climáticos extremos**

Mediante la percepción de las familias se identificaron los cambios en la temperatura y precipitación, utilizando indicadores que se valorizaron en una línea de tiempo de los últimos 30 años. Para validar la percepción de la variabilidad climática ocurrida se utilizaron datos climáticos (temperatura y precipitación) en una serie de tiempo de 30 años (1980 a 2010), estos datos se obtuvieron de estaciones meteorológicas ubicadas en el APFFNT. Para la identificación de los eventos climáticos extremos que ocasionan daños a los sistemas agrícolas se realizó mediante percepción una línea de tiempo de los últimos 5 años.

### **3.5 Capacidad adaptativa y sus limitantes desde los capitales comunitarios**

El análisis de la capacidad adaptativa hace referencia a todos los recursos disponibles y acciones realizadas por los pobladores para diseñar medidas de adaptación individual, colectiva e institucional. Se recurrió al uso del marco de capitales comunitarios para agrupar, analizar y evaluar

23 indicadores (Cuadro 1) que permitieron identificar el potencial de cada capital y su aporte en el proceso de adaptación. Los indicadores se codificaron en escalas de desempeño (alta, media y baja); de acuerdo a los niveles de capacidad de adaptación, a estas escalas se le asignan valores del 1 (baja) al 3 (alta). Estos valores (1,2 y 3) se normalizan en una escala de adaptación de 0 a 100%. Concibiendo que, de 0 a 20% capacidad de adaptación baja (1), de 21 a 60% media (2) y de 61 a 100% alta (3) (Monterroso et al., 2014).

Cuadro 1. Indicadores de adaptación evaluados para determinar la capacidad adaptativa de las familias agricultoras en San Francisco Putla y Raíces.

Capital	Indicadores de adaptación	Capital	Indicadores de adaptación
Humano	Información climática	Político	Capacidad de gestión
	Educación informal (capacitaciones)		Apoyo del gobierno estatal
	Nivel de escolaridad de los pobladores		Capacidad del gobierno municipal
Social	Participación en organizaciones locales	Financiero	Acceso a otros recursos económicos
	Relación con instituciones del estado		Acceso a tecnologías
	Redes de apoyo		Acceso a créditos
	Trabajo comunitario		Remesas
Cultural	Participación en planes de adaptación	Físico	Acceso a maquinaria
	Conocimiento local y tradicional		Centros de acopio o albergues
Comunicación	Centros de educación		
Natural	Prácticas de conservación de suelo y agua		Infraestructura médica
	Incentivos para el cuidado de los recursos naturales		

Mediante la metodología propuesta por Prado & Imbach (2013) se analiza a través del Marco de Capitales Comunitarios, las limitantes de las comunidades para emprender medidas de adaptación ante la variabilidad climática incluyendo los eventos extremos). Partiendo de la percepción de los cambios ocurridos en el clima y como estos impactan en los sistemas productivos (capital natural y financiero) e infraestructura (capital físico).

### 3.5.1 Impactos de la variabilidad climática y sus eventos climáticos extremos sobre los sistemas agrícolas

La identificación de los sistemas agrícolas predominantes en las dos comunidades se hizo con el apoyo de los informantes claves (Director del APFFNT<sup>5</sup>, representante de SEMARNAT<sup>6</sup>, Presidente

<sup>5</sup> APFFNT: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca

<sup>6</sup> SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Ejidal, Delegado Municipal y técnico de SEDAGRO<sup>7</sup>) y protocolos de observación mediante recorridos de campo. Posteriormente fueron validados mediante los grupos focales y entrevistas semiestructuradas con las familias productoras. A través de una línea de tiempo de cinco años, los pobladores organizados en grupos focales por cada sistema agrícola identificaron y describieron las amenazas climáticas (eventos extremos); como se manifiestan y los riesgos e impactos que implican para sus sistemas agrícolas.

### **3.5.2 Medidas de adaptación en los diferentes sistemas agrícolas**

Se identificaron y describieron las estrategias de adaptación que proyectan a nivel individual, colectivo e institucional; indagándose sobre la efectividad de estas medidas a corto, mediano y largo plazo. El análisis incorpora dos criterios fundamentales. ¿Qué pueden hacer las comunidades por sí mismas en el corto plazo? y ¿En qué aspectos las comunidades necesitan apoyo externo para implementar acciones en el mediano y largo plazo?

## **4. Resultados y discusión**

### **4.1 Percepción sobre la variabilidad climática (temperatura y precipitación) y sus eventos extremos**

La población en general afirma que, el clima actual es muy cambiante en comparación al de hace 30 años. La mayoría de las familias de las dos comunidades (68% en Raíces y 63% en San Francisco Putla) mencionan que, la exposición a la variabilidad climática es alta (Figura 2) y en algunas ocasiones severa, representando una amenaza para los medios de vida agrícolas de esta región.

Los pobladores tienen diferentes formas de identificar el comportamiento del clima y lo expresan de la siguiente manera:

*“Nosotros nos fijamos en el pico del volcán<sup>8</sup>, si en la cima tiene muchas nubes pequeñas, significa que van a iniciar las lluvias”*

*“Si por las noches el cielo está muy despejado, significa que habrán heladas muy intensas”*

*“Cuando en el sur se forman grandes nubes negras<sup>9</sup>, significa que caerá granizo”*

*“Observamos las lluvias de los primeros 12 días del mes de enero, la lluvia de cada día representa 1 mes del año, esto nos sirve de guía para saber cuándo iniciarán las lluvias y su intensidad, es decir, si llueve mucho el día 6, significa que el invierno iniciará en junio y será muy fuerte”.*

---

<sup>7</sup> SEDAGRO: Secretaría de Desarrollo Agropecuario

<sup>8</sup> Hace referencia al volcán Nevado de Toluca o "Xinantécatl", ubicado dentro del APFFNT

<sup>9</sup> Se refieren a las nubes cumulonimbus

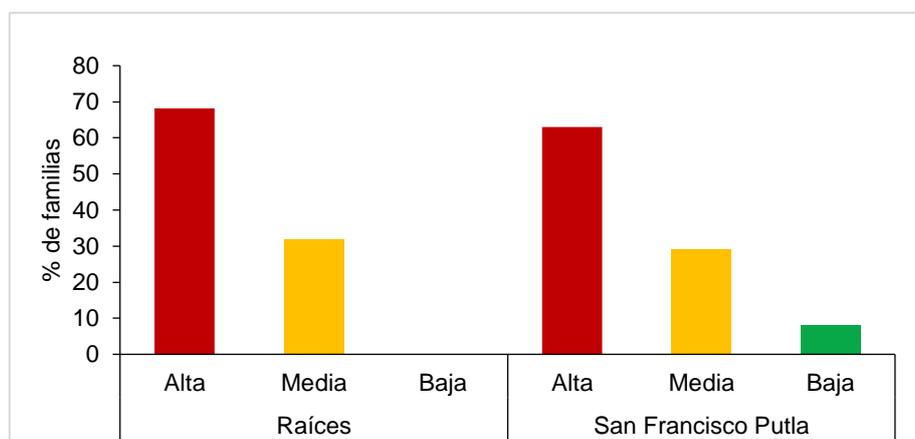


Figura 2. Índices de variabilidad climática en Raíces y San Francisco Putla

En lo que respecta a temperatura, la población de las dos comunidades, percibe cambios en la temperatura máxima. Reconocen que en los últimos años ha aumentado considerablemente, esta percepción coincide con los datos de las estaciones meteorológicas (análisis histórico 1980-2010) que demuestran un incremento considerable en la temperatura máxima desde el año 1998.

Los pobladores manifiestan que:

*“La temperatura máxima ha aumentado y se observan periodos más largos de sequías”.*

*“La temperatura ha aumentado y hace más calor que hace 15 años atrás”*

*“Ahora es más caliente, nos damos cuenta en los cultivos que son afectados por plagas que antes no existían. Por ejemplo, en el maíz y lechugas.*

En el caso de la precipitación, manifiestan que, en los últimos años es más difícil predecir su comportamiento. No obstante, afirman que ha ocurrido una disminución importante con respecto a los últimos 30 años. Es importante mencionar que, en San Francisco Putla el análisis histórico (1980-2010) muestra un aumento significativo en la precipitación promedio anual.

Los principales cambios identificados son:

*“Se ha observado un desplazamiento de la lluvia, por ejemplo; antes las lluvias fuertes iniciaban a finales de abril y ahora inician a finales de mayo”.*

*“Las lluvias son muy intensas y caen espacios de tiempo cortos”*

*“Ahora las lluvias son raras, llueve normal, luego hace sol y después llueve más fuerte”*

Aunado a los cambios observados en la temperatura y precipitación, se encuentran los eventos climáticos extremos: heladas, granizadas, nevadas, sequías, lluvias y vientos extremos. En San Francisco Putla, las sequías, las lluvias y vientos intensos son las principales amenazas climáticas

que los sistemas agrícolas han enfrentado en los últimos 5 años. En ocasiones han provocado pérdidas superiores al 50% de la productividad anual (Cuadro 2).

#### 4.2 Caracterización de la Temperatura y Precipitación en la serie de tiempo 1980-2010

De acuerdo a la CICC (2009), desde la década de los setenta al 2009 la temperatura promedio anual de México aumentó  $0.6^{\circ}\text{C}$ ; las observaciones muestran que, de 1999 a 2009 hubo calentamiento acelerado de  $0.7^{\circ}\text{C}$ . En el caso de la precipitación se observó una disminución superior al 15% del promedio anual (CICC, 2009; CICC, 2012; Martínez-Austria & Patiño-Gómez, 2012). Es importante mencionar que más de diez millones de mexicanos están expuestos a estos cambios (Monterroso y Conde, 2015).

Los municipios de Zinacantepec y Tenango del Valle están altamente expuestos a la variabilidad climática (Monterroso et al., 2014). En el caso de Raíces (Zinacantepec), la serie de tiempo de temperatura muestra una tendencia creciente, se observa un aumento considerable desde finales de la década de 90. Los años de 1998 ( $20.14^{\circ}\text{C}$ ) y 2010 ( $22.76^{\circ}\text{C}$ ) fueron los que registraron mayor temperatura máxima en los últimos 30 años. (Figura 3). Desde 1980 al 2010 la temperatura máxima aumento aproximadamente  $2.1^{\circ}\text{C}$ , es decir, alrededor de  $0.07^{\circ}\text{C}$  por año. Con respecto a la precipitación, se observa un pequeño aumento entre 1980 a 1999 (63.4 mm por año) (Figura 3), mientras que del año 2000 al 2010 se ha experimentado una reducción de alrededor de 89.87 mm al año en comparación con la década de los 90.

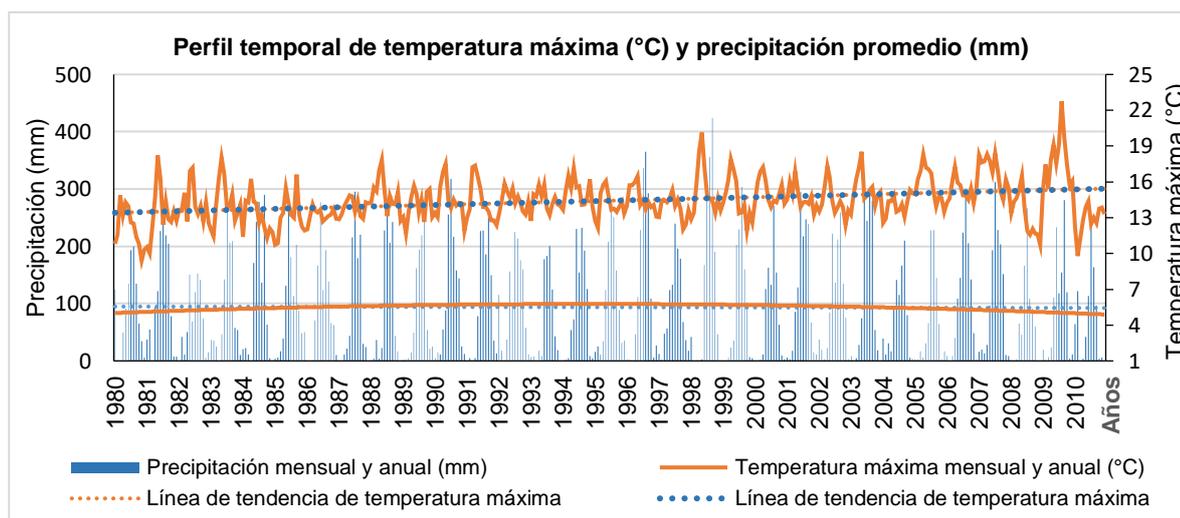


Figura 3. Perfil de la serie de tiempo de temperatura máxima y precipitación para Raíces.

En el caso de San Francisco Putla (Tenango del Valle), el comportamiento de la temperatura ha sido similar al de Raíces, el año 1998 experimento el mayor registro de temperatura máxima  $25.36^{\circ}\text{C}$ , y a partir de ese año se observa una tendencia creciente (Figura 3). De 1980 a 2010 se

ha registrado un aumento aproximado de 2.22°C, es decir un aumento de 0.07°C por año. En cuanto a la precipitación, San Francisco Putla presenta valores distintos a Raíces, se observa una tendencia creciente, presentando los mayores registros a partir del año 1998 (Figura 4). De 720.43 mm promedio que caían al año en la década del 80 pasó a 1008 mm en la década del 2000 al 2010.

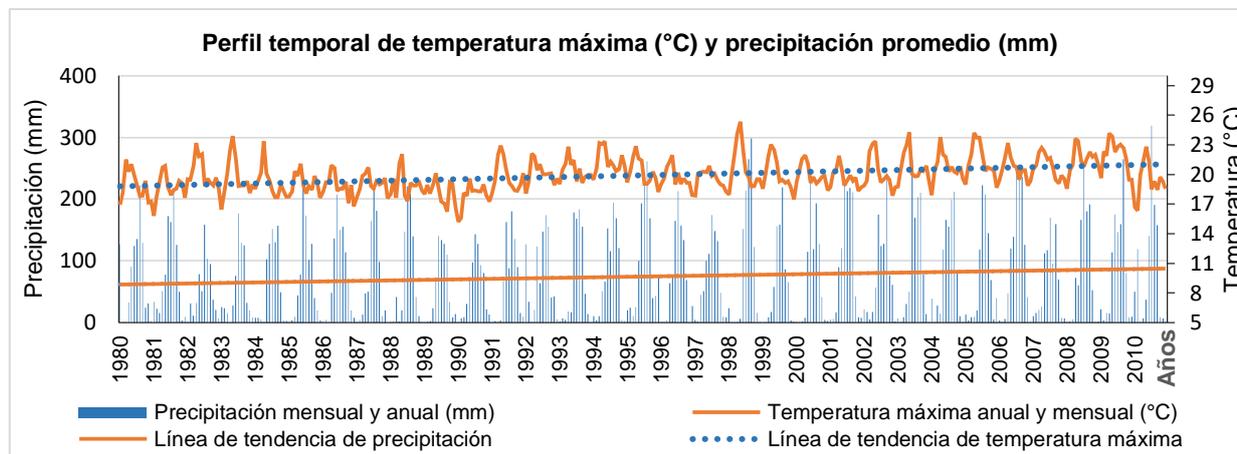


Figura 4. Perfil de la serie de tiempo de temperatura máxima y precipitación para San Francisco Putla.

### 4.3 Capacidad adaptativa y capitales comunitarios

El análisis de la información colectada en todos los indicadores evaluados permitió conocer la capacidad que tienen los capitales comunitarios para hacerle frente a la variabilidad climática o eventos extremos. En las dos comunidades el capital humano, social, político y físico tiene baja capacidad para enfrentar las adversidades climáticas (Tabla 1). De acuerdo a Dang, Li, Nuberg, & Bruwer (2019) existen diversos factores que definen la capacidad adaptativa de las comunidades: geográficos, socioeconómicos, tecnológicos, culturales, institucionales, políticos y psicológicos.

En San Francisco Putla, el capital cultural y natural son los que tienen mayor capacidad de adaptación 56% y 50% de las familias, respectivamente (cuadro 2). En Raíces, el capital natural presenta mayor capacidad de adaptación, mientras que las actividades culturales muestran baja y media capacidad adaptativa. Respecto al capital financiero, los indicadores de San Francisco Putla demuestran que, el 38.5% de las familias tienen baja capacidad adaptativa. No obstante, un 34.5% de las familias que representan principalmente a grandes agricultores, tienen alta capacidad de adaptación ante estos fenómenos adversos. En Raíces, el capital financiero tiene baja capacidad adaptativa, representa más del 50% de las familias.

Cuadro 2. Capacidad de adaptación de los capitales comunitarios en San Francisco Putla y Raíces.

Capital	Capacidad de adaptación					
	San Francisco Putla			Raíces		
	Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
<b>Humano</b>	64.5	20	15.5	68	16	16
<b>Social</b>	84	16	0	75	18	7
<b>Cultural</b>	19	25	56	45	32	23
<b>Natural</b>	31	19	50	18	32	50
<b>Político</b>	57.5	39.5	3	56.5	27.5	16
<b>Financiero</b>	38.5	23	34.5	31.5	52.5	16
<b>Físico</b>	58.5	28.5	13	47.5	45.5	7

### Capital humano

La capacidad adaptativa del capital humano está determinada por los indicadores en salud, educación formal e informal y el manejo de información climática. El nivel de analfabetismo es muy bajo en las dos comunidades (23% de la población de Raíces y el 17% en San Francisco Putla no lograron terminar satisfactoriamente la primaria), pero a nivel de infraestructura educativa existen muchas precariedades (falta de aulas, bibliotecas, tecnología, entre otros), ambas comunidades cuentan solamente con dos escuelas (primaria y secundaria).

Las comunidades deben aprovechar el alto nivel de educación para aumentar la capacidad adaptativa y la diversificación los medios de vida (Dulal, Brodnig, Onoriose, & Thakur, 2010; Fierros & Ávila-Faucat, 2017). En tal sentido, los bajos índices de analfabetismo en estas comunidades deberían ser una oportunidad para fortalecer el capital humano, a través de capacitaciones o asesorías técnicas. Sin embargo, las dos comunidades tienen poco acceso a cursos de capacitación en temas relacionados a la variabilidad climática y eventos climáticos extremos.

El 79% de la población entrevistada de San Francisco Putla y el 82% en Raíces nunca han recibido algún tipo de capacitación. Aunado a lo anterior, se encuentra la poca difusión y comunicación de información climática, solamente 9% de las familias entrevistadas en Raíces y el 17% de San Francisco Putla hacen uso de la información climática transmitida por radio y televisión. En lo que respecta a salud, la poca capacidad adaptativa se caracteriza especialmente por la poca infraestructura médica, escaso recurso humano, equipo y suministros (en las dos comunidades solamente cuenta con un centro de salud). De acuerdo a O'neil et al. (2005) la deficiencia hospitalaria de los países en desarrollo es una de las principales limitantes de la adaptación.

## **Capital social**

En las dos comunidades, la limitada presencia de organizaciones locales, poca relación con el gobierno estatal, escasas redes de apoyo y poco trabajo comunitario, representan las principales limitantes del capital social para hacerle frente a las adversidades climáticas. Diversos estudios han demostrado que las limitantes que se identifican en el capital social juegan un papel preponderante para que las comunidades no puedan planificar estrategias de adaptación (Jones & Boyd, 2011; Zhen & Dallimer, 2016; Hagedoorn et al., 2019). Gran parte de la población mencionan a organizaciones como: SEDAGRO, SAGARPA, CONAFOR, CONAP, entre otras. Que si bien, no son permanentes en estas comunidades, desempeñan una labor trascendental en el desarrollo de estas. Sin embargo, muy pocas familias productoras han sido beneficiadas por sus programas de apoyo, y las actividades realizadas tienen poca o nula relación con los problemas provocados por la variabilidad climática y los eventos climáticos extremos.

La poca presencia de organizaciones especializadas en temas de cambio climático, ha provocado que estas comunidades no hayan participado en la planificación de estrategias locales para enfrentar los impactos que representa la variabilidad climática. Además, en las dos comunidades la acción colectiva solo funciona cuando ocurre una amenaza climática extrema (lluvias intensas en San Francisco Putla y nevadas en Raíces) que pone en riesgo a familias o bienes comunales. Autores como Adger, Brooks, Bentham, Agnew, & Ericksen (2004) & Soares & Murillo-Licea (2013) mencionan que la colectividad es fundamental en la adopción de estrategias de adaptación.

## **Capital cultural**

Los valores, creencias y conocimiento tradicional en estas comunidades juegan un rol importante en los procesos de adaptación. De acuerdo a Imbach y Prado (2013), la capacidad de reacción de los pobladores locales ante los cambios percibidos en el clima, está influenciada por las características culturales de toda la población. En San Francisco Putla, el 100% de las familias consideran al conocimiento local y tradicional el indicador que representa mejores resultados en los procesos de adaptación. Afirman que, a nivel familiar o en pequeños grupos de amigos han adoptado acciones para enfrentar a los eventos extremos (por ejemplo; lanzar cohetes de vara de fabricación artesanal para dispersar las nubes de granizo).

En Raíces, la población considera que las actividades realizadas a través de la cosmovisión climática tienen un gran impacto en la adopción de estrategias de adaptación, pero es necesario el fortalecimiento en otras áreas como: organizaciones locales, capacitación técnica y apoyo financiero. Comprender la importancia de la cultura en el proceso de adaptación requiere especificar las escalas y los agentes involucrados (Nielsen & Reenberg, 2010). Dado que, cada comunidad

tiene diferentes valores culturales, y se requiere comprender el contexto de cada comunidad para entender las limitantes culturales (Adger et al., 2009; Nielsen & Reenberg, 2010; Dang, Li, Nuberg, & Bruwer, 2019). En estas comunidades el conocimiento tradicional (capital cultural) ha implicado la reestructuración del plan anual de siembra, en función de los cambios y los impactos percibidos.

### **Capital natural**

En las dos comunidades valoran el capital natural junto al capital cultural los precursores para emprender las estrategias de adaptación. El 50% de la población entrevistada afirma que, el capital natural; a través del indicador de conservación de agua y suelo tiene alta capacidad de adaptación. Bajo este indicador la población ha diseñado diferentes prácticas como: reservorios de agua, trincheras para retener la erosión, barreras rompevientos, cultivos en curvas a nivel o desnivel, rondas rompiefuegos, reforestación, etc. Todas estas acciones y los servicios ecosistémicos que brindan los bosques de estas comunidades ayudan a reducir los impactos que representan las amenazas climáticas en estas comunidades, tal como lo mencionan Wüstemann et al. (2017).

Los pobladores mencionan la presencia de programas que incentivan la protección de los recursos naturales como: el programa de pagos por servicios ambientales hidrológicos, implementado por PROBOSQUES y el programa de conversión de suelos agrícolas a manejo forestal de CONAFOR. Sin embargo, los altos costos de transacción que implican estos procesos, ha provocado que no todas las familias hayan sido beneficiadas. En general, las acciones emprendidas en este capital son de gran importancia en el proceso de adaptación ante los eventos climáticos extremos y la variabilidad climática. Los pobladores están conscientes que la base de sus sistemas agrícolas son los recursos naturales. Además, el capital natural sirve de base para la construcción de otros capitales, sostienen todas las forma de vida, proporciona medios de vida alternativos y regula el clima local (Belle, Collins & Jordaan, 2017).

### **Capital político**

Se ha demostrado que, las instituciones locales (municipales) juegan un papel determinante en los procesos de adaptación. Ya que desempeñan un rol clave en la adaptación de los hogares agrícolas al reducir su vulnerabilidad y al aumentar su capacidad para responder a los impactos de las adversidades climáticas en sus medios de vida (Yomo, Villamor, Aziadekey, & Olorunfemi, 2018). En este sentido, es importante que los pobladores de estas comunidades identifiquen la gestión política de los delegados municipales y presidentes ejidales; de igual manera, las políticas públicas estatales y federales que tienen incidencia en medio rural y que fomentan medidas de adaptación ante el cambio climático.

El 69% de la población entrevistada en San Francisco Putla y el 77% en Raíces, consideran entre mala y muy mala la gestión de sus representantes ante los gobiernos municipales. Asimismo, afirman que, los gobiernos municipales no tienen capacidad suficiente para responder ante la ocurrencia de un evento climático extremo. El 100% de la población en las dos comunidades afirma tener muy poco o poco apoyo del gobierno estatal. Igualmente, en su mayoría, la población entrevistada menciona que, los gobiernos municipales y estatales no prestan atención a las propuestas o peticiones de las comunidades para enfrentar las adversidades climáticas.

La población argumenta que reciben más apoyo de instituciones no gubernamentales. Por ejemplo, Reforestamos México. De acuerdo a Dang, Li, Nuberg, & Bruwer (2019) este comportamiento es similar en países en desarrollo; por ejemplo, en Benín, África los agricultores han diseñado estrategias de adaptación con apoyo de las organizaciones no gubernamentales, mientras que el apoyo del gobierno local o nacional ha sido restringido. Esto representa, la poca o escasa relación entre la comunidad y los gobiernos; probablemente asociado al bajo nivel organizativo que existe en estas comunidades (capital social), o la falta de confianza de los pobladores en las instituciones del gobierno, tal como ocurre en el sur de Benín, África (Baudoin, 2013).

### **Capital físico/construido**

En las dos comunidades el capital físico presenta baja y media capacidad de adaptación, el 69% de las familias agrícolas de San Francisco Putla y el 91% en Raíces, indican que no cuentan con infraestructura para almacenar la producción agrícola, asimismo, aseveran que las vías de acceso a sus sistemas agrícolas son muy afectadas cuando ocurren lluvias intensas o granizadas. Un dato interesante es que, la mayoría de la población entrevistada considera la maquinaria agrícola como una estrategia para reducir los impactos de estos eventos climáticos, afirmando que, el proceso de siembra, fertilización y cosecha se hace más rápido, evadiendo en algunas ocasiones estas adversidades. Aunado a lo anterior, el capital físico también se ve limitado por la escasa infraestructura educativa, vivienda y salud.

### **Capital financiero**

De acuerdo a Belle, Collins & Jordaan (2017) el capital financiero debe jugar un papel preponderante en el proceso de adaptación, ya que se utiliza para crear capital humano (educación formal e informal), capital físico (maquinarias y tecnologías) e incluso potenciar el capital financiero existente a través de mejores ingresos y mayor rentabilidad de sus medios de vida. No obstante, en las dos comunidades, el capital financiero, muestra baja y media capacidad de adaptativa (61.5% de los productores en San Francisco Putla y 84% en Raíces).

Estos bajos índices de adaptación en cierta medida se deben al limitado ingreso mensual de los pobladores, poco acceso créditos (más del 90% de las familias en las dos comunidades no han tenido acceso créditos), pocas remesas (en Raíces, solamente el 14% de las familias entrevistadas ha recibido remesas y en San Francisco Putla el 4%) y limitado acceso a tecnologías (60% en San Francisco Putla y el 50% en Raíces). De acuerdo a Villamayor-Tomas & García-López (2017), los recursos económicos amparan a los productores después del paso de catástrofes ambientales, y les permite seguridad para invertir nuevamente en sus sistemas agrícolas.

### 4.3.1 Limitantes de la capacidad adaptativa

La mayoría de la población percibe que, la variabilidad climática y eventos climáticos extremos están afectando sus sistemas productivos. No obstante, gran parte de la población tienen una reacción pasiva; ejecutan pocas medidas de adaptación con baja efectividad (Figura 5). Otro de los problemas que enfrentan los pobladores (productores) es la poca organización y la falta de atención por instituciones de gobierno, aunado a esto, se encuentra la falta de capacitación de capital humano (Figura 5). De acuerdo con Di Falco, Veronessi, & Yesuf (2011) los productores mejoraran la capacidad adaptativa a medida que dispongan de mayor información climática, más apoyo del gobierno y mayor acción colectiva, redes externas de apoyo, créditos, maquinaria y tecnologías.

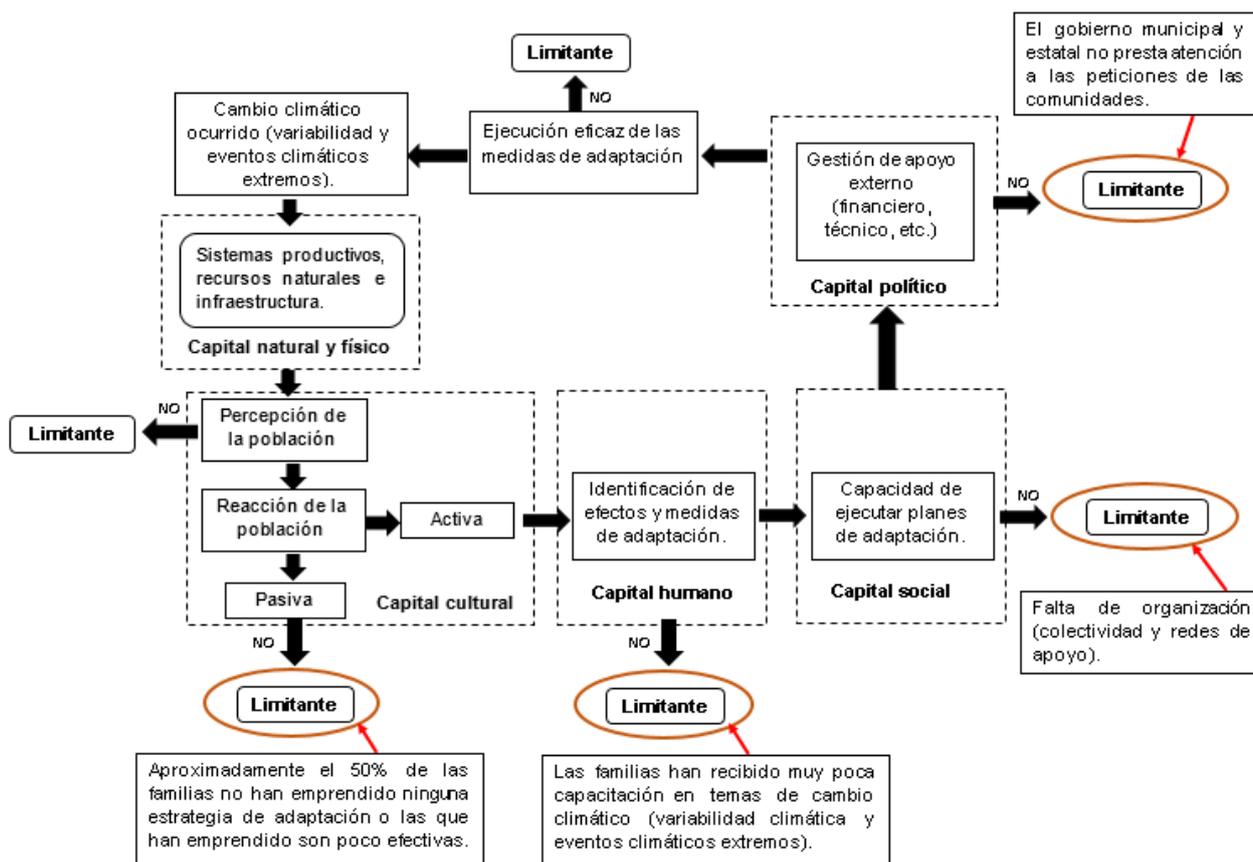


Figura 5. Limitantes de la capacidad adaptativa en San Francisco Putla y Raíces.

Adger, Arnell, & Tompkins (2005) señalan que, los acontecimientos sociales y políticos son los principales limitantes que enfrenta la adaptación climática. Por tal razón, previo a la planificación y ejecución de estrategias locales de adaptación, se requiere de organización comunitaria y planificación, ambos abordados mediante el capital social. Asimismo, de inversión financiera y asesoramiento técnico; promovido a través del capital político y financiero.

Las organizaciones locales y representantes comunitarios (delegados municipales y presidentes ejidales) de las dos comunidades estudiadas, deben jugar un papel más preponderante en la gestión de recursos económicos y técnicos, para dar inicio a sus planes o estrategias de adaptación local. La efectividad y sostenibilidad a mediano y largo plazo de las medidas adoptadas, dependerá de lo eficaz y eficiente de cada una de las acciones emprendidas, tal como lo menciona (Imbach & Prado, 2013).

#### 4.4 Impactos de la variabilidad climática y sus eventos climáticos extremos en los sistemas agrícolas

Los cambios en la temperatura y precipitación y eventos climáticos extremos representan un gran problema para los sistemas agrícolas de las dos comunidades (Figura 6). Por ejemplo; las granizadas que normalmente ocurren de octubre a enero representan un gran problema para la floricultura en San Francisco Putla y para la producción de papas en la comunidad de Raíces. De acuerdo a Altieri & Nicholls (2013), en los países en desarrollo los medios de vida agrícolas de pequeños productores son los más afectados, pequeñas variaciones en el clima pueden significar grandes impactos y en ocasiones provocar pérdidas superiores a la mitad de la productividad.

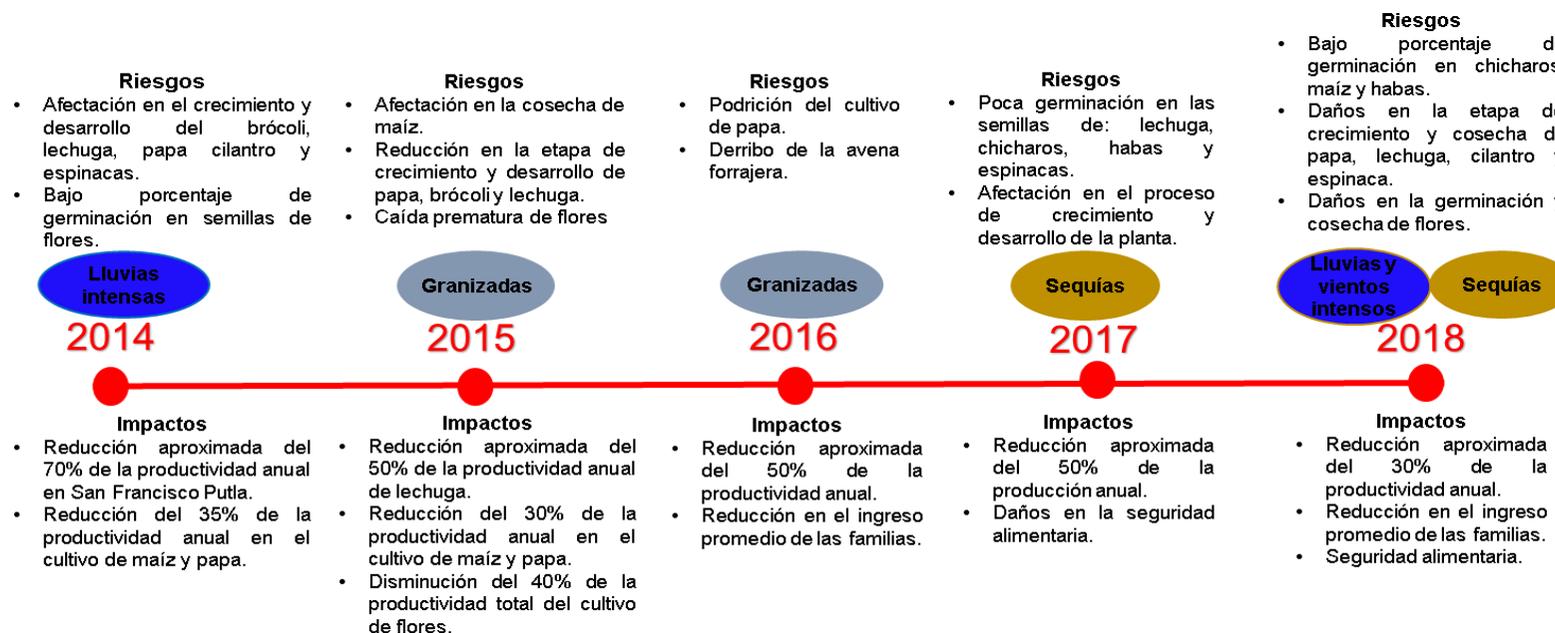


Figura 6. Línea de tiempo de los riesgos e impactos de las principales amenazas climáticas en San Francisco Putla y Raíces

#### **4.5 Estrategias de adaptación**

Las medidas de adaptación que las familias agrícolas de estas comunidades han implementado, tienen como base principal; el capital humano, natural y cultural. El fortalecimiento del capital humano a través de la experiencia o saberes ancestrales ha permitido el desarrollo de acciones en el capital natural. La cosmovisión, conocimiento local y tradicional juegan un papel muy importante en la predicción de los cambios en el clima y la ocurrencia de eventos extremos. Altieri & Nicholls (2013), exteriorizan que el rescate de los sistemas agrícolas tradicionales (capital cultural) en combinación con diversas estrategias agroecológicas (capital natural), pueden representar una alternativa viable para enfrentar los impactos y tener sistemas agrícolas más resilientes ante las adversidades climáticas.

Mediante el capital social y político se han realizado ciertas acciones como: dotación de semillas resistentes a sequías y pequeños subsidios en la compra de abonos y plaguicidas agrícolas. No obstante, estas acciones han tenido poca efectividad y son poco sostenibles a mediano o largo plazo. El capital financiero es limitado en las dos comunidades y representa pocas alternativas para adaptarse. Sin embargo, las familias reservan parte de su ingreso para cubrir gastos extraordinarios que representaría la ocurrencia de un evento climático extremo. En la actualidad, existe mucha incertidumbre de las medidas que se deben tomar a mediano y largo plazo. Por tal razón, las comunidades han propuesto diferentes estrategias (individual, colectiva e institucional) considerando las prioridades y necesidades (Cuadro 3)

Cuadro 3. Estrategias de adaptación identificadas por las familias productoras en las dos comunidades.

Medidas de adaptación	Capital humano	Capital social	Capital cultural	Capital natural	Capital político	Capital financiero	Capital Físico
<b>Individual</b>	Participación en capacitación en temas de cambio climático	Mayor divulgación y difusión de información climática		Rotación de cultivos		Acceso a fuentes externas de financiamiento	Estanques o cosecha de agua
<b>Colectiva</b>	Diversificación de cultivos	Fortalecimiento de la organización comunitaria  Creación de redes de apoyo	Rescate y fortalecimiento del conocimiento y saber tradicional	Reforestar  Conservación de suelos y agua	Participación en programas de conservación de suelos y agua		Perforación de pozos  Estanques o cosecha de agua
<b>Institucional</b>	Planes de adaptación a la variabilidad y eventos climáticos extremos  Sistema de alerta temprana  Dotación de semillas resistentes a sequillas	Sistema de alerta temprana  Apoyo en sistemas de microriego  Calentadores solares		Programas de pagos por servicios ambientales	Mejorar las políticas públicas de apoyo al campo  Mejorar Políticas de fijación de precios	Incentivos agrícolas  Seguros agrícolas  Subsidios agrícolas	Biodigestores  Invernaderos

## 5. Conclusiones

En general, se puede decir que los capitales que sirven de sustento para los medios de vida agrícolas de estas comunidades están poco preparados para enfrentar la variabilidad climática y sus eventos climáticos extremos. Históricamente las dos comunidades han rescatado y fortalecido el conocimiento local y tradicional (capital cultural) y las habilidades del capital humano, para emprender medidas de adaptación; principalmente desde el capital natural.

La principal limitante de la capacidad adaptativa es la falta de organización comunitaria (capital social), poco apoyo de las instituciones gubernamentales y limitada gestión de apoyo técnico y económico de los representantes comunales (delegados municipales y presidente) (capital político). Por tal razón, se reconoce la necesidad de fortalecer estos capitales, para potenciar el proceso productivo de estas comunidades (capital financiero), asegurar sistemas agrícolas resilientes y garantizar la soberanía y seguridad alimentaria para las familias.

Se requiere la creación de espacios en los que todos los pobladores (agricultores) intercambien ideas y propongan de manera participativa estrategias para potenciar sus medios de subsistencia, en función de sus necesidades, limitaciones e intereses. Las estrategias que estas comunidades adopten, deben considerar la incertidumbre que la variabilidad climática representa a mediano y largo plazo. En este contexto, a nivel individual consideran que, las principales medidas que se deben adoptar son: fortalecer el capital humano y cultural, reestructurar el calendario anual de cultivos y diversificar los medios de vida que permitan acceso a otras fuentes de ingreso.

Se reconoce que la efectividad y sostenibilidad de las medidas de adaptación a largo plazo dependerá de las mejoras que experimenten la organización comunitaria, acción colectiva y apoyo del gobierno. Por tal razón, a nivel colectivo e institucional consideran que, fortalecer las sinergias entre el capital político y social es primordial, antes de emprender cualquier medida de adaptación. En ese sentido, estos dos capitales se consideran los promotores o capitales de entrada para iniciar un proceso de adaptación en estas comunidades.

La adopción y planificación de programas y políticas de adaptación deben ser consistentes con la alta incertidumbre que representa la variabilidad climática futura y eventos climáticos extremos en estas comunidades. Para ello se requiere, mayor voluntad política, políticas públicas de apoyo al campo eficientes (seguros agrícolas, subsidios e incentivos) y mayor beligerancia de los representantes y organizaciones locales.

## 6. Bibliografía

Abasolo, V. E. (2006). *Entre el cielo y la tierra: Raíces, un pueblo de la alta montaña en el Estado de México*. Universidad Iberoamericana.

Abdul-Razak, M., & Kruse, S. (2017). The adaptive capacity of smallholder farmers to climate change in the Northern Region of Ghana. *Climate Risk Management*, 17, 104–122. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.06.001>

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>

Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change*, 15, 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>

Adger, W. N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., & Eriksen, S. (2004). New indicators of vulnerability and adaptive capacity. In *Change*. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2004.12.010>

Adger, W. N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D. R., ... Wreford, A. (2009). Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change*, 93, 335–354. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9520-z>

Altieri, M., & Nicholls, C. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7–20. Retrieved from <http://digitum.um.es/jspui/handle/10201/36437>

Anastacio, N. D., Nava-Bernal, G., & Franco-Maass, S. (2014). *El desarrollo agropecuario de los pueblos de alta montaña . La Peñuela , Estado de México The agricultural development of the State of Mexico*. 45, 397–418.

Barrucand, M. G., Giraldo, C., & Canziani, P. O. (2017). Climate change and its impacts: perception and adaptation in rural areas of Manizales, Colombia. *Climate and Development*, 9(5), 415–427. <https://doi.org/10.1080/17565529.2016.1167661>

Baudoin, M. (2013). *Enhancing climate change adaptation in Africa assessing the role of local institutions in Southern Benin*. 6(2), 122–131. <https://doi.org/10.1080/17565529.2013.844677>

Belle, J. A., Collins, N., & Jordan, A. (2017). Building Resilience in Natural Capital to Reduce Disaster Risks and Adapt to Climate Change : A Case of Wetlands in the Eastern Free State ; South Africa Building Resilience in Natural Capital to Reduce Disaster Risks and Adapt to Climate Change : A Case. *American Journal of Environmental Science*, 13(5), 358–377. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2017.358.377>

Burnham, M., & Ma, Z. (2015). Linking smallholder farmer climate change adaptation decisions to development. *Climate and Development*, 289–311. <https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1067180>

Care. (2010). *Community-Based Adaptation Toolkit*.

CENAPRED. (2008). *Aplicación de la metodología para obtener mapas de riesgo por bajas temperaturas y nevadas en la comunidad de Raíces, Estado de México*. D. F. México.

Chaudhary, P., & Bawa, K. S. (2011). Local perceptions of climate change validated by scientific evidence in the Himalayas Subject collections Local perceptions of climate change validated by scientific evidence in the Himalayas. *Biology Letters*, 7, 767–770. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2011.0269>

CICC. (2009). *México: Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones*

- Unidas sobre el Cambio Climático* (1st ed.). D. F. México.
- CICC. (2012). *México: Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* (1st ed.). DF, Mexico.
- Conde, A., & López, J. (2016). *Variabilidad y Cambio Climático. Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en América Latina y el Caribe* (1st ed.). México.
- Dang, H. Le, Li, E., Nuberg, I., & Bruwer, J. (2019). Factors influencing the adaptation of farmers in response to climate change: a review. *Climate and Development*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1562866>
- Di Falco, S., Veronesi, M., & Yesuf, M. (2011). Does adaptation to climate change provide food security? A micro-perspective from Ethiopia. *American Journal of Agricultural Economics*, 825–842. <https://doi.org/10.1093/ajae/aar006>
- DOF. (2014). *Programa Especial de Cambio Climático*. D. F. México.
- Dulal, H. B., Brodnig, G., Onoriose, C. G., & Thakur, H. K. (2010). Capitalizing on Assets : Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Nepal. *Social Development*, (121), 1–23.
- Emery, M., & Flora, C. (2006). Spiraling-Up: Mapping Community Transformation with Community Capitals Framework. *Community Development*, 37(1), 19–35. <https://doi.org/10.1080/15575330609490152>
- Fierros, I., & Ávila-Foucat, S. (2017). Sustainable livelihoods and vulnerability in rural Mexican households. *Problemas Del DESARROLLO. REVISTA LATINOAMERICANA DE ECONOMIA*, 48(191).
- Flora, C.B., Flora, J.L., Fey, S. (2004). *Rural communities legacy and change*. 2 ed. Boulder, US, Westview Press. 372 p.
- Flora, C.B., & Flora, J. (2013). *Rural Communities: Legacy and change*, Westview Press. Boulder. 414 pp.
- Gallopín, G. C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16, 293–303. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>
- GIZ. (2014). *El Libro de la Vulnerabilidad Concepto y lineamientos para la evaluación* (K. Fritzsche, S. Schneiderbauer, P. Bubeck, K. Stefan, M. Buth, M. Zebisch, & W. Kahlenborn, Eds.). Bonn, Alemania: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Gutiérrez, I., Emery, M., & Fernandez, E. (2009). The Sustainable Livelihoods Approach and the Community Capitals Framework: The Importance of System-Level Approaches to Community Change Efforts. *Community Development*, 40(2), 106–113. <https://doi.org/10.1080/15575330903011785>
- Gutiérrez, I.A., Soares, D., Thibault, M., Rivas, G.G., Pinto, G., Ramírez, F., Romero, R., López, R. (2014). Análisis de la susceptibilidad de los recursos comunitarios ante eventos climáticos extremos en Sitalá Chiapas: retos y propuestas conceptuales desde un enfoque de equidad social. en: *Reflexiones y expresiones de la vulnerabilidad social en el sureste de México*. (Soares, D., Milan, G., Gutiérrez, I, Eds.) México. pp 143-185.
- Hagedoorn, L. C., Brander, L. M., Beukering, P. J. H. Van, Dijkstra, H. M., Franco, C., Hughes, L., ... Franco, C. (2019). Community-based adaptation to climate change in small island developing states: an analysis of the role of social capital. *Climate and Development*, 0(0), 1–12. <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1562869>
- Haines, A., Kovats, R., Campbell-Lendrum, D., & Corvalan, C. (2006). Climate change and human health: impacts, vulnerability, and mitigation. *Public Health*, 367(9528), 2101–2109.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68933-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68933-2)

Hansen, J., Sato, M., & Ruedy, R. (2012). Perception of climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 73(11), 9. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205276109>

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., & Medina-Elizade, M. (2006). GLOBAL TEMPERATURE CHANGE. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39). <https://doi.org/10.1073/pnas.0606291103>

Herrera Tapia, F. (2013) El Cambio climático en la Política rural y agropecuaria. En: Cambio Climático; Impactos y previsiones en el medio rural del Estado de México. (Rivera H, M.G., Loza Torres, M, Eds.). Primera edición. México. pp 141-168.

Imbach, A. C., Bouroncle, C., Diaz, Á., Zamora, A., Ureña, O., Aragón, O., ... Medellín, C. (2015). *La construcción de estrategias locales de adaptación al cambio climático: una propuesta desde el enfoque de medios de vida* (1st ed.). Turrialba, Costa Rica.

Imbach, A. C., & Prado, P. F. (2013). *Development and field testing of a framework to identify and prioritize action to strengthen local adaptive capacity to climate change and variability*. In: *Community Based Adaptation to climate change: emergin Lessons*. (H. Ensor & Berger, Eds.). UK.

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC. (2014a). *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability: Contribution of working group II to the IPCC fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC. (2014b). *Livelihoods and poverty*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 13). Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC. (2014c). *Summary for Policymaker*. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

Jones, L., & Boyd, E. (2011). Exploring social barriers to adaptation: Insights from Western Nepal. *Global Environmental Change*, 21, 1262–1274. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.06.002>

Macchi, M. (2010). Mountains of the World: Ecosystem Services in a Time of Global and Climate Change. In *International Center for Integrated Mountain Development*.

Macchi, Mirjam, Gurung, A. M., & Hoermann, B. (2017). Community perceptions and responses to climate variability and change in the Himalayas. *Climate and Development*, 7(5), 414–425. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.966046>

Mainali, J., & Pricope, N. G. (2018). Mapping the need for adaptation: assessing drought vulnerability using the livelihood vulnerability index approach in a mid-hill region of Nepal. *Climate and Development*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/17565529.2018.1521329>

Martinez-Austria, P. fF., & Patiño-Gómez, C. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 3(1), 5–20.

Milan, A., & Ho, R. (2014). *Livelihood and migration patterns at different altitudes in the Central Highlands of Peru*. 6(1), 69–79. <https://doi.org/10.1080/17565529.2013.826127>

Monterroso, A., & Conde, C. (2015). Exposure to climate and climate change in Mexico. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(4), 272–288. <https://doi.org/10.1080/19475705.2013.847867>

- Monterroso, A., Fernández, A., Trejo, R., Conde, A., Escandón, J., Villers, L., & Gay, C. (2014). *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México* (1st ed.). D. F. México: Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nielsen, J. Ø., & Reenberg, A. (2010). Cultural barriers to climate change adaptation: A case study from Northern Burkina Faso. *Global Environmental Change*, 20, 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.10.002>
- O'neil, M. S., Hajat, S., Zanobetti, A., Ramirez-Aguilar, M., & Schwartz, J. (2005). Impact of control for air pollution and respiratory epidemics on the estimated associations of temperature and daily mortality. *Int J Biometeorol*, 50, 121–129. <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0269-z>
- Peralta-Hernández, A. R., & Barba-Martínez, L. R. (2009). The risk of early and late frost behavior in central México under El Niño conditions. *Atmosfera*, 22(1), 111–123.
- Phuong, L. T. H., Biesbroek, G. R., Sen, L. T. H., & Wals, A. E. J. (2018). Understanding smallholder farmers' capacity to respond to climate change in a coastal community in Central Vietnam. *Climate and Development*, 10(8), 701–716. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1411240>
- Smit, B., & Pilifosova, O. (2001). Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. In *Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 880–912).
- Smit, B., & Westerhoff, L. (2009). Adaptation and development: Livelihoods and climate change in Subarnabad, Bangladesh. *Climate and Development*, 1(1), 31–46. <https://doi.org/10.3763/cdev.2009.0001>
- Thathsarani, U. S., & Gunaratne, L. H. P. (2018). Constructing and Index to Measure the Adaptive Capacity to Climate Change in Sri Lanka. *Procedia Engineering*, 212(2017), 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.036>
- Thornton, P. K., Ericksen, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: A review. *Global Change Biology*, 20, 3313–3328. <https://doi.org/10.1111/gcb.12581>
- Villamayor-Tomas, S., & García-López, G. (2017). The influence of community-based resource management institutions on adaptation capacity: A large-n study of farmer responses to climate and global market disturbances. *Global Environmental Change*, 47, 153–166. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.002>
- Warrick, O., Aalbersberg, W., Dumar, P., McNaught, R., & Teperman, K. (2016). The 'Pacific Adaptive Capacity Analysis Framework': guiding the assessment of adaptive capacity in Pacific island communities. *Regional Environmental Change*, 17, 1039–1051. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1036-x>
- Wuebbles, D. J., Easterling, D. R., Hayhoe, K., Knutson, T., Kopp, R. E., Kossin, J. P., ... Wehner, M. F. (2017). Our globally changing climate. In: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. U.S. *Global Change Research Program*, 35–72. <https://doi.org/10.7930/J08S4N35>.
- Wüstemann, H., Volkmar, H., Bonn, A., Hansjürgens, B., Bertram, C., & Dehnhardt, A. (2017). *Natural Capital and Climate Change: Synergies and Conflicts*.
- Yomo, M., Villamor, G. B., Aziadekey, M., & Olorunfemi, F. (2018). Local Institutions' Role in Enhancing Climate Change Adaptation of Rural Farmers in Semi-Arid Ecosystems in Northern Ghana Using Social Network Analysis. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3211273>
- Zheng, Y., & Dallimer, M. (2016). What motivates rural households to adapt to climate change? *Climate and Development*, 8(2). <https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1005037>