



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**ANÁLISIS DEL MANEJO DEL SISTEMA MILPA VINCULADO A LA PERCEPCIÓN
DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN DOS COMUNIDADES DE LA SIERRA NEGRA DE
PUEBLA**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

GONZALO MARTÍNEZ HERRERA

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: Dra. Andrea Martínez Ballesté

Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM

COMITÉ TUTOR: Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez

Instituto de Geografía, UNAM

Dra. Ana Isabel Moreno Calles

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM

CD. MX.

Agosto, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

MANEJO INTEGRAL DE ECOSISTEMAS

**ANÁLISIS DEL MANEJO DEL SISTEMA MILPA VINCULADO A LA PERCEPCIÓN
DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN DOS COMUNIDADES DE LA SIERRA NEGRA DE
PUEBLA**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

PRESENTA:

GONZALO MARTÍNEZ HERRERA

TUTORA PRINCIPAL DE TESIS: Dra. Andrea Martínez Ballesté

Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM

COMITÉ TUTOR: Dra. Rosa Irma Trejo Vázquez

Instituto de Geografía, UNAM

Dra. Ana Isabel Moreno Calles

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM

MÉXICO, CD. MX.

Agosto, 2019

OFICIO CPCB/754/2019

Asunto: Autorización de prórroga para obtener el grado.

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión del Subcomité por Campo de Conocimiento de Ecología, Manejo Integral de Ecosistemas, Biología Evolutiva y Sistemática del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 8 de abril de 2019, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** del alumno **MARTÍNEZ HERRERA GONZALO** con número de cuenta **308069482** con la tesis titulada "**Análisis del manejo del sistema milpa vinculado a la percepción del cambio climático en dos comunidades de la Sierra Negra de Puebla**", realizada bajo la dirección de la **DRA. ANDREA MARTÍNEZ BALLESTÉ**:

Presidente: DRA. ELIANE CECCON
Vocal: DRA. JULIETA ALEJANDRA ROSELL GARCÍA
Secretario: DRA. ROSA IRMA TREJO VÁZQUEZ
Suplente: DRA. ALICIA MARÍA JUÁREZ BECERRIL
Suplente: DR. YOHAN ALEXANDER CORREA METRIO

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., a 18 de junio de 2019.

DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA
COORDINADOR DEL PROGRAMA



c.c.p. Expediente del (la) interesado (a).

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo que recibí para realizar mis estudios de posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por el apoyo recibido a través del Programa de Apoyos de estudio de Posgrado (PAEP).

A la Red Temática Productos Forestales No Maderables: Aportes desde la etnobiología para su aprovechamiento sostenible, que por medio del proyecto PROYECTO CONACYT-280901 apoyaron la realización de este proyecto.

Agradezco a la Dra. Andrea Martínez Ballesté por ser mi tutora principal, a la Dra. Rosa Irma Trejo y a la Dra. Ana Isabel Moreno Calles por ser parte de mi Comité Tutorial.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A los miembros del jurado Dra. Eliane Ceccon, Dra. Julieta Alejandra Rosell, Dra. Rosa Irma Trejo, Dra. Alicia María Juárez, y Dr. Yohan Alexander Correa por sus valiosos comentarios para mejorar este trabajo.

A mi tutora la Dra. Andrea Martínez Ballesté por sus enseñanzas y discusiones, la libertad creativa, su apoyo para la participación en los congresos y cursos, y por todas las pláticas de carretera, en el laboratorio y en los desayunos. Al Dr. Javier Caballero Nieto por compartir sus experiencias, las recomendaciones de música, y por brindarme la oportunidad de trabajar y aprender a su lado impartiendo clase.

Al gobierno municipal de Santa María Coyomeapan. Y muy especialmente al Sr. Omar Aguilar y a la Srta. Floricel por su constante apoyo, disponibilidad, y apertura que facilitó enormemente la realización de este proyecto.

Al inspector Javier Arriaga, al inspector suplente Ernesto González, y al Sr. Juan Maza por su tiempo para recibirnos y auxiliarnos en la comunicación con la comunidad de San Gabriel y San Marcos, respectivamente.

A las etnochicas de ayer y hoy que conforman el Laboratorio de Etnobotánica Ecológica por todos los seminarios, bailes, y chismorreos.

A José Blancas, Itzel Abad, Leonardo Beltrán, José Sierra y al resto de los miembros que conformaron la Red Temática PFNM por los apoyos para llevar a cabo este proyecto, y por la experiencia de participar en la red.

A Clau, Zavier, Fer, Mariana, Lalo, Cata, Marce, Tere, Alí, Karla, Lisa, Bebeana-Paulena Leslie, y los que por falta de espacio no puse, por hacer de estos últimos tres años uno de los mejores intervalos de mi vida.

Siento un profundo agradecimiento por las personas de las comunidades de San Gabriel y San Marcos por brindarnos un poco de su tiempo para conocer una pizca de sus vidas y sus historias.

A mi familia por el apoyo constante, su paciencia, y su cariño; pero también por las llamadas de atención, las discusiones, y los conflictos que permiten el crecimiento.

A Nayeli, cuyo encuentro impredecible me ha permitido ser maestro y aprendiz las 35 horas del día. Tu apoyo, entereza, cariño, guía, norteñez, y entusiasmo hacen que los obstáculos se vean menos intimidantes.

Esta tesis está dedicada a Ana, mi madre.

Índice general

Resumen	1
Introducción	3
Relación entre la adaptación y percepción al cambio climático o variabilidad climática con el conocimiento ecológico tradicional	4
Tendencias de cambio climático y vulnerabilidad agrícola	9
Justificación	11
Preguntas de investigación, hipótesis, y objetivos	12
Pregunta de investigación	12
Hipótesis	12
Objetivos	12
Metodología	13
Sitio de estudio	13
Método	14
Análisis cualitativos y cuantitativos	16
Exploración de la percepción a la variabilidad climática y los factores socioeconómicos	19
Resultados	21
Orígenes de las comunidades y manejo histórico	21
Aspectos socioeconómicos	23
Características y manejo de los sistemas agroforestales	25
Calendario estacional o manejo temporal del ambiente	31
El barbecho	31
La siembra	32
El deshierbe	34
La cosecha	35
Percepción de la variabilidad climática	39
Percepción de cambios en la lluvia	41
Percepción de cambios en el viento	45
Percepción de cambios en la temperatura	47

Datos meteorológicos históricos _____	48
Cambios en el manejo de la milpa relacionados con características socioeconómicas y la percepción de cambios climáticos _____	51
Discusión _____	55
Percepción de la variabilidad climática y su relación con el registro climático _____	56
Perspectivas sobre la percepción ambiental y el proceso de percepción campesina__	59
Cambios en el manejo como respuesta a la percepción _____	62
Conclusiones _____	68
Literatura citada _____	69
Anexos _____	77
Formato de entrevista empleado en la salida de campo _____	78
Lista de modelos de efectos mixtos _____	85

Índice de figuras

<i>Figura 1. Mapa del sitio de la ubicación de las comunidades de estudio</i>	14
<i>Figura 2. Imagen satelital Sentinel 2 usada en el taller de reconocimiento de cambios espaciales.</i>	16
<i>Figura 3. Resultados del taller de reconocimiento de cambios espaciales.</i>	22
<i>Figura 4. Mapa realizado por una señora de la comunidad de San Gabriel de la disposición de las casas.</i>	23
<i>Figura 5. Variedad de colores y tamaños en las mazorcas de estas comunidades.</i>	26
<i>Figura 6 Representación del perfil altitudinal de la zona de estudio y distintas perspectivas de los terrenos de las comunidades y sus cultivos.</i>	27
<i>Figura 7. Fotografías de las combinaciones de especies y arreglos espaciales de los sistemas agroforestales.</i>	30
<i>Figura 8. Cambios en los sistemas productivos a lo largo del año.</i>	37
<i>Figura 9. Calendarios estacionales de San Gabriel y de San Marcos con los cultivos mencionados en la entrevista.</i>	39
<i>Figura 10. Porcentaje de personas que respondieron positivamente a las preguntas de cambios en los indicadores climáticos por comunidad.</i>	41
<i>Figura 11. Porcentaje de personas que percibieron distintos tipos de cambios en la lluvia.</i>	43
<i>Figura 12. Porcentaje de citas por comunidad sobre el número de meses que dura la temporada de lluvias.</i>	44
<i>Figura 13. Precipitación total anual a lo largo del intervalo de 49 años del registro climático resaltando los años mencionados en la entrevista.</i>	49
<i>Figura 14. Número de días de lluvia por mes y precipitación mensual acumulada de los años mencionados en las entrevistas.</i>	50
<i>Figura 15. Variabilidad de la temperatura máxima, media, y mínima a lo largo del intervalo de 53 años del registro climático.</i>	52
<i>Figura 16. Evapotranspiraciones mensuales para algunos de los años mencionados en las entrevistas.</i>	53
<i>Figura 17. Resultados de la regresión logística del cambio en el manejo en función de la percepción de cambios en los indicadores climáticos.</i>	55

Índice de cuadros

<i>Cuadro 1. Diseño de la entrevista y su relación con las hipótesis y los objetivos.</i>	20
<i>Cuadro 2. Plantas mencionadas que son manejadas en los campos.</i>	33
<i>Cuadro 3. Resultados de los modelos de efectos mixtos entre el índice de percepción y las variables socioeconómicas.</i>	61
<i>Cuadro 4. Resultados de la regresión logística entre la probabilidad de realizar cambios en el manejo y el índice de percepción.</i>	62

Abstract

Climate, though inherently variable, has presented changes in spatial and temporal scales that cannot be comprehended but as the result of human activities. In the present we know that temperature is just one of the multiple variables affected; and that climate change also affects reference values and variation. Notwithstanding, modulation efforts has not rendered certainty upon the impacts of climate change in regional or local scales. The importance of this rests in its application for developing adaptation measures. Scientific community hand in hand with international institutions have recognized that traditional societies have developed climate knowledge and its behavior at local scales. This knowledge is part of the Traditional Ecological Knowledge (TEK), and it is considered as the result of the systematic environmental observation by human communities. In addition, it is assumed that such knowledge is the basis for decision making about management practices.

In this study I looked to answer if the changes of milpa' management practices could be explained by the peasants' perception of changes in meteorological phenomena. The study's hypothesis was that people recognize changes in meteorological variables, and this perception guides management practices. Particularly I explored which were the most perceived variables and their influence on decision-making. This study was realized in two Nahua communities in Santa María Coyomeapan municipality in Puebla State.

To prove the hypothesis I did fieldwork in which I: 1) applied semi-structured interviews to a peasants sample to ascertain peasants' socioeconomic profiles; their agroforestry systems' management; and their perception to several climate change indicators. And 2) workshops-interviews to explore landscape's historic changes using a satellite image. Climate perceptions were contrasted with the historic climate records from 1954 to 2016. Using mixed effects models, I explored the relationships between socioeconomic profiles and peasants' perception; while using a logistic regression to explore the relationship between management change probability and climate change perception.

Interview results show that peasants' perceive changes in rain, wind, and temperature. In both communities, at least 50 % of the interviewees state they have perceived changes in rain, and practically all have perceived wind intensity reduction. Climate data review revealed: 1) people remember years with extreme precipitation values; 2) evapotranspiration in those years were distinct from mean historic values; 3) an acute temperature reduction between 2008 and 2013 was not identified by peasants. Mixed effects models results do not yield information about socioeconomic profiles and perception. However, interviews' results suggest that local socioeconomic changes have an important effect on management decision-making. Finally, I found that management practices' change could be linked with climate perception ($p < 0.01$).

In conclusion, peasants' observation capacity to variables such as rain or wind, can be explained by their importance for agricultural success; although this observation does not impose management changes. Coherence between peasants' climate perceptions and climate records was similar with other regions such as Bolivian Amazon. It is important to highlight that environmental perception, which contains climate perception, should be understood as a daily process in peasants' life, which is constantly transmuting in relation with socioeconomic and political dynamics.

Resumen

El clima, aunque es inherente variable, ha presentado cambios en escalas espaciales y temporales que no pueden ser entendidas sino como un resultado de las actividades humanas. Ahora sabemos que la temperatura sólo es una de las múltiples variables afectadas; y que el cambio climático afecta los valores de referencia y su variación. No obstante, los esfuerzos de modelación aún no han arrojado certeza sobre los impactos que tendrá el cambio climático a escala regional o local. La importancia de esto radica en su aplicación para desarrollar estrategias de adaptación. Paralelamente la comunidad científica y las instituciones internacionales han reconocido que las sociedades tradicionales han desarrollado conocimientos sobre el clima y su comportamiento a escala local. Este conocimiento es parte del denominado Conocimiento Ecológico Tradicional (CET), considerado como el resultado de la observación sistemática del entorno por las comunidades humanas. Además, se supone que dicho conocimiento sirve de base para la toma de decisiones sobre las prácticas de manejo.

En este trabajo busqué responder si la modificación en las prácticas de manejo de las milpas se puede explicar por la percepción de los campesinos a los cambios meteorológicos. Nuestra hipótesis fue que las personas reconocen cambios en las variables meteorológicas, y con base en ello manejan sus sistemas. De manera particular exploré sobre cuáles son las variables más percibidas y su influencia en las decisiones de manejo. Este trabajo se realizó en dos comunidades nahuas del municipio de Santa María Coyomeapan en el estado de Puebla.

Para probar mi hipótesis llevé a cabo trabajo de campo en donde: 1) apliqué entrevistas semiestructuradas a una muestra de campesinos para conocer los aspectos socioeconómicos de los campesinos; el manejo de sus sistemas agrícolas (diversidad de especies, ubicación altitudinal, calendarización de las prácticas de manejo, y cambios en el manejo); su percepción a varios indicadores climáticos; y las respuestas a estos. Y 2) talleres-entrevistas para reconocer los cambios históricos en el paisaje con el uso de una imagen para su ubicación espacial. Estas percepciones fueron comparadas con el registro de la precipitación, temperatura, y evapotranspiración de una estación meteorológica con datos desde 1954 al 2016. Mediante modelos lineales de efectos mixtos exploré la relación entre los factores socioeconómicos y la percepción de los campesinos; y una regresión logística para modelar la probabilidad de cambio de las prácticas de manejo en función de la percepción a los cambios.

Los resultados de las entrevistas muestran que los campesinos perciben cambios en la lluvia, el viento, y la temperatura. Alrededor del 50 % de los entrevistados en cada una de las comunidades mencionaron cambios en la lluvia; ya sea en su intensidad, estacionalidad, o ambos. En el caso del viento prácticamente todas las personas dijeron que

su intensidad ha disminuido. Las observaciones de la temperatura fueron diversas, y no mostraron algún patrón. La revisión de los registros climáticos permitió identificar que: 1) las personas recuerdan años con valores extremos de precipitación; 2) la evapotranspiración de esos años fue distinta al promedio, lo que pudo afectar a las milpas; 3) entre los años 2008 al 2013 hubo un descenso importante de la temperatura que no fue identificado más que por unos cuantos campesinos. Los resultados de los modelos de efectos mixtos no arrojaron información relevante sobre el aporte de las características socioeconómicas de las personas en la variación de la percepción. Sin embargo, en las entrevistas se reconoce que el mejoramiento de la infraestructura de las carreteras de las comunidades; el desarrollo de un mercado regional; y la migración para buscar trabajo son procesos que han influido en las decisiones tomadas por los campesinos en los cambios del manejo de la milpa y otros sistemas de cultivo. Finalmente, encontré que la probabilidad de realizar cambios en el manejo de las milpas puede estar vinculada con la percepción campesina ($p < 0.01$).

Concluyo que la capacidad de observación de los campesinos, en particular de variables como la lluvia o el viento se explica por su importancia para los cultivos; aunque esto en sí mismo no represente un factor fundamental, hasta el momento, para realizar cambios en las prácticas de manejo. La congruencia entre las percepciones locales y los registros climáticos fue similar al de otras regiones como la Amazonía boliviana. También es importante resaltar que la percepción ambiental no puede, ni debe, de ser entendida como un proceso ajeno a la cotidianidad de los campesinos. Por ende, la percepción es una actividad-habilidad que se desarrolla e interactúa a la par de procesos económicos y políticos. Lo anterior es fundamental para tomar en cuenta en el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático.

Introducción

Los seres humanos, como cualquier otra especie, influimos sobre nuestro entorno. A estas alturas de la historia humana es innegable la capacidad de nuestra especie para transformar el ambiente en escalas cada vez mayores. Uno de estos procesos de transformación es el cambio climático, cuya presencia e impactos se prevén o se encuentran alrededor del mundo (IPCC, 2014; Parmesan, 2006; Savo *et al.*, 2016). Desde las ciencias, naturales el clima es entendido como un sistema dinámico y complejo que se compone por diferentes elementos del planeta: la hidrósfera, la atmósfera, la litósfera, la biósfera, y la criósfera. Las interacciones entre estos elementos resultan en un comportamiento complejo, caracterizado por respuestas no lineales, umbrales de cambio, y una gran incertidumbre. Este sistema, que se estableció una vez que la tierra se enfrió y pudo mantener una atmósfera, es esencialmente variable (Ruddiman, 2007).

Gracias a la geología sabemos sobre los cambios históricos del clima; y que el cambio climático que estamos experimentando no puede explicarse sólo por los elementos ya mencionados. Las investigaciones y modelos apuntan de manera clara a que las actividades humanas son las responsables de dicho cambio. En particular, señalan que a partir de la revolución industrial en el siglo XIX se inició la inyección de gases de efecto invernadero a la atmósfera; misma que ha resultado en el aumento de la temperatura a escala global (Bradley *et al.*, 2003; Labeyrie *et al.*, 1993).

A pesar de su presencia generalizada, los cambios esperados a escala regional son y serán variables (Lotze-Campen, 2011). Las consecuencias más esperadas son modificaciones en los patrones de lluvia y su estacionalidad, así como cambios en la temperatura o eventos relacionados, tales como las sequías (Huhne y Slingo, 2011). En los sistemas ecológicos se esperan desplazamientos de la distribución geográfica de las especies; en la fenología de las plantas; o en cambios en las interacciones con otras especies (Hillyer y Silman, 2010).

Por lo tanto, es razonable esperar que los resultados del cambio climático influyan en las dinámicas humanas, que van desde los aspectos económicos y sociales hasta los ecológicos (Monterroso Rivas *et al.*, 2011; Niles *et al.*, 2015). Las relaciones socio-ecológicas se pueden entender esquemáticamente a partir de enfoques como el de los sistemas socio-

ecológicos complejos (Folke, 2006). Desde este enfoque se busca enfatizar que la división entre los sistemas ecológicos y los sistemas humanos son meras construcciones. Y partiendo de esto, las dinámicas de los sistemas socio-ecológicos son pensadas a partir de conceptos clave como la resiliencia, la capacidad adaptativa, y la transformabilidad. El concepto de resiliencia denota la capacidad de un sistema para persistir ante disturbios externos, reorganizarse, y generar capacidad adaptativa. Dicha capacidad brinda a los sistemas memoria que les permite aprender y adaptarse a los cambios mediante la transformación de los sistemas. La resiliencia de estos sistemas derivada de su capacidad adaptativa y capacidad de transformación influye en la resiliencia de sistemas en distintas escalas temporales y espaciales (Folke, 2006; Folke *et al.*, 2002).

De forma complementaria, desde la geografía históricamente se ha desarrollado una gama de tradiciones intelectuales en torno al concepto de vulnerabilidad –la cual en el enfoque de los sistemas socio-ecológicos se piensa como el inverso de la resiliencia. Este enfoque, pese a sus diferentes formulaciones, se basa en la idea de la susceptibilidad a ser dañado por perturbaciones externas; y se conforma por la exposición y susceptibilidad (Adger, 2006). La exposición hace referencia a “la magnitud y al grado en el que un sistema experimenta estrés ambiental o sociopolítico”; mientras que la susceptibilidad es “el grado en el que un sistema es modificado o alterado por perturbaciones” (Adger, 2006). Dentro de los estudios de cambio climático, se consideran vulnerables los sitios en donde los estilos de vida dependen de recursos susceptibles a la variación climática y que los modelos pronostican cambios en el clima. Esta situación es característica de las comunidades indígenas alrededor del mundo.

Relación entre la adaptación y percepción al cambio climático o variabilidad climática con el conocimiento ecológico tradicional

La literatura y normatividad sobre el cambio climático ha incorporado de manera fundamental los conceptos de vulnerabilidad, resiliencia, y capacidad adaptativa. Los dos últimos han dado pie al concepto de adaptación al cambio climático. Esta triada, empleada por el IPCC (2014), funge como un eje conceptual para los estudios sobre cambio climático

y su relación con las sociedades humanas (Taylor, 2015). Es en este sentido que la vulnerabilidad ha sido empleada para designar aquellas regiones, ecosistemas, estilos de vida, entre otros, que son o ser susceptibles antes los llamados impactos climáticos. De manera general, en la literatura se estima que las comunidades humanas localizadas en las zonas montañosas, costeras, o áridas son o serán las más vulnerables (Altieri y Nicholls, 2017; Mcelwee, 2017). Esto se explica porque en dichas regiones se encuentran poblaciones con estilos de vida que dependen de recursos cuya disponibilidad está ligada a la variabilidad climática. Adicionalmente, para los países en desarrollo se piensa que los impactos climáticos pueden desarticular la organización social, resultando en poco apoyo institucional o en conflictos. Por lo tanto, estos impactos pueden crear una *doble exposición* al interactuar con los efectos de las vulnerabilidades preexistentes (Leichenko y Silva, 2014).

Para “enfrentar” al cambio climático, la comunidad internacional ha propuesto dos vías de acción: la mitigación y la adaptación. La primera se concibe, de forma general, como el grupo de acciones orientadas a la disminución de los gases de efecto invernadero. Dichas acciones se diseñan, discuten, y realizan a escalas espaciales y temporales amplias por los gobiernos, ONG’s, y la comunidad científica internacional. Por su parte, la adaptación se ha concebido como los procesos de ajuste de los sistemas económicos, ambientales, y sociales para disminuir los efectos negativos del cambio climático y aprovechar oportunidades que puedan emerger del mismo (IPCC, 2014; Taylor, 2015). Su umbral de acción temporal se constriñe alrededor de los próximos 50 años y su escala espacial es local a regional (Grothmann y Patt, 2005). El marco conceptual de la adaptación al cambio climático plantea entonces las relaciones entre el clima y las sociedades en términos de vulnerabilidad, resiliencia, y capacidad adaptativa. La idea subyacente es generar capacidad adaptativa en zonas consideradas vulnerables mediante medidas de adaptación (Taylor, 2015).

Desde este marco conceptual, se considera que la vulnerabilidad generada por la variación climática en muchas sociedades tradicionales modernas en el mundo, y en gran parte de las comunidades rurales de México, ha sido manejada, como lo señala Adger (2006), mediante el conocimiento sobre su ambiente. Dicho conocimiento les ha permitido manejar la variabilidad inherente a los procesos ecológicos, incluyendo la variabilidad climática y sus extremos. Este grupo de conocimientos se ha llamado de múltiples formas: conocimiento ecológico tradicional (CET y TEK, por sus siglas en español e inglés, respectivamente);

conocimiento local (LK); conocimiento indígena (IK); y para el caso del clima, conocimiento climático tradicional (CTK). Aunque con ciertas variaciones, estas definiciones aluden a la observación sistemática del entorno (Rivero-romero *et al.*, 2016; Smith y Sharp, 2012). Una de las definiciones más usadas en la literatura es la de Berkes *et al.* (2000) quienes definen al CET como un complejo acumulado de conocimientos, prácticas y creencias sobre las interacciones entre los seres vivos y su ambiente, que evolucionan por medio de procesos adaptativos, y se transmiten culturalmente entre generaciones. Esta definición está ligada al marco teórico de los sistemas socio-ecológicos complejos, y en particular a las dinámicas de los procesos adaptativos, dando lugar a conceptos como el manejo adaptativo. Este tipo de manejo se supone basado en el CET y busca la integración de las visiones locales con otros sistemas de conocimientos y agentes políticos a escalas mayores (Folke, 2009).

En el contexto de la adaptación al cambio climático este tipo de conocimientos han llamado la atención porque pueden brindar información a escala local sobre los cambios en el clima. Esta información a una escala más fina se supone como el resultado de la percepción de las personas sobre su entorno. Desde este enfoque la percepción tiende a ser conceptualizada como la observación “sistemática” de cambios en el ambiente. Consecuentemente, la percepción local y el conocimiento que puede construirse de ella empezaron a valorarse porque se presupone que pueden servir de guías para un manejo adaptativo del ambiente. Sin embargo, su incorporación a la normatividad sobre la adaptación ha sido poco considerada o desigual porque los conocimientos son desarticulados y descontextualizados para acoplarse al pensamiento científico occidental (Smith y Sharp, 2012).

El campo de investigación de las percepciones del cambio climático es incipiente, Karki *et al.* (2019) reportan que a partir del año 2010 la cantidad de estudios comenzó a incrementarse. No obstante, su desarrollo se ha concentrado principalmente en el África y en el sudeste asiático (tan sólo hay dos estudios registrados para México en Karki *et al.*). Las investigaciones desarrolladas sobre la percepción y la adaptación al cambio climático a través del mundo están orientadas a entender cómo los grupos humanos, a partir del conocimiento sobre su entorno, perciben cambios en la variabilidad climática y sus consecuencias en sus sistemas productivos o en el manejo de estos (Devkota *et al.*, 2017; Niles *et al.*, 2015; Niles y Mueller, 2016; Phuoc *et al.*, 2016; Sánchez-Cortés y Lazos-Chavero,

2011; Semenza *et al.*, 2008). La mayoría de los trabajos de percepción se han hecho en sociedades rurales cuyo estilo de vida gira en torno a la agricultura o de los recursos de su ambiente; dado que esta actividad es considerada vulnerable ante la variabilidad climática por su dependencia a la lluvia y la temperatura (Karki *et al.*, 2019; Postigo, 2014). Estos estudios de manera general tienden a emplear métodos mixtos, en donde se usan entrevistas, talleres o discusiones grupales para obtener información a profundidad a escala local. Adicionalmente, más de la mitad contrastan las percepciones locales con los registros climáticos de los sitios de estudio, usualmente con los datos de precipitación y temperatura.

Los meta-análisis realizados por Karki *et al.* (2019) y Savo *et al.* (2016) revelan que la gran mayoría de los estudios han reportado cambios en la lluvia. Dichos cambios se han reportado en todos los continentes y en poco más de la mitad de las observaciones; aunque existen muchas discrepancias entre las observaciones y los modelos o registros climáticos. Las observaciones locales de la temperatura a lo largo del mundo, en contraste con las de precipitación, son más consistentes con los modelos. De igual forma las observaciones apuntan cambios no sólo en las tendencias, sino en su variabilidad; lo cual se expresa en los valores extremos. Adicionalmente, también hay reportes de modificaciones en la estacionalidad, y esto ha influido en la fenología y migración del resto de las especies con las que los humanos convivimos.

Como los estudios sobre la percepción señalan, usualmente se reconoce que el CET está basado en la observación sistemática del entorno; y por ello muchas de las investigaciones relacionadas con las comunidades agrícolas e indígenas están enfocadas en la documentación de las percepciones y la lógica detrás de las decisiones de manejo. Aunque pocos, existen trabajos que han propuesto modelos para entender la percepción y adaptación al cambio climático o a la variabilidad climática. El trabajo de Grothmann y Patt (2005) propone un modelo basado en evaluaciones de riesgo secuenciales. En una primera fase se evalúa la probabilidad de que un evento nocivo ocurra y su severidad con relación al bienestar personal o material. Si dicho evento se considera probable y negativo para su bienestar entonces se procede a evaluar las acciones de adaptación, que implica considerar: la eficacia de dichas acciones, si uno es capaz de llevarlas a cabo, y el costo (en términos monetarios, de tiempo, y de recursos humanos) que conlleva realizarlas.

Desde la antropología ambiental, Ingold (2000) propone una aproximación distinta respecto a la percepción del ambiente, en el cual busca dejar atrás múltiples divisiones epistemológicas establecidas por el pensamiento occidental. La división primordial es la dicotomía naturaleza y sociedad que presupone a la dicotomía entre el organismo y la persona, y que culmina en la división entre el cuerpo y la mente. Para superar esto, Ingold reúne estos fragmentos y reconoce la unicidad de los humanos como organismos y personas. Dichos organismos-personas están en un proceso de construcción continua de sí mismos mediante las relaciones con sus pares (o sea, son interdefinibles). Este enfoque, que Ingold llama lógica relacional (en contraste con el pensamiento poblacional ecológico que fundamenta enfoques como el de los sistemas socio-ecológicos), es la base de la percepción ambiental. Ya que es desde la continua producción del organismo-persona que se establece, al mismo tiempo, una relación con lo que *no se es*, produciendo de esta forma el ambiente de dicho organismo-persona. Esta relación se construye con base en las interacciones entre los individuos y su ambiente; la cual está mediada por la percepción, no de forma pasiva, sino como una acción o habilidad (*sensu* Ingold) para recoger o adquirir los ofrecimientos o *affordances* del ambiente. Y dado que es una habilidad, la percepción puede desarrollarse y refinarse, permitiendo percibir nueva información, lo que modifica la relación con el ambiente. Lo fundamental en esta perspectiva es que el ambiente no se concibe como algo independiente al individuo, puesto que es mediante su relación que el ambiente que cobra sentido. Dicho de otro modo, el ambiente no existe sin el sujeto del cual *es* (T. Ingold, 2000, 2011).

De manera complementaria, y con base en mi interpretación, el trabajo de Lave y Wenger (2000) llevan la lógica relacional, ya mencionada, al siguiente nivel de organización. Estas autoras postulan que los individuos novatos aprenden a través de lo que llaman *participación legítima periférica* en las *comunidades de práctica*; las cuales son definidas como “el conjunto de relaciones entre personas, actividad y el mundo, a través del tiempo y en relación con otras comunidades de práctica tangenciales y sobrepuestas”. La participación periférica de los novatos les brinda la oportunidad de percibir el cómo se *hace* una práctica en todo sentido. Lo anterior implica observar, entender, e incorporar el cómo se vive en realidad una práctica, esto es: los modos de hablar, de interactuar con aquellos que no son parte de la comunidad, los gustos, lo no grato, y por supuesto las relaciones con otros

miembros de la comunidad y los productos de la práctica. Consecuentemente, lo anterior lleva a los miembros periféricos a desarrollar sus habilidades, y he aquí un posible punto de intersección entre este marco y el desarrollado por Ingold.

Tendencias de cambio climático y vulnerabilidad agrícola

Los estudios del cambio del clima en México nos permiten tener una idea de sus principales efectos, y para algunas zonas, entender desde cuándo se observan dichos cambios. Con base en Cuervo-Robayo *et al.* (2018) sabemos que desde mediados del siglo pasado se observa, en general, una tendencia al aumento de la temperatura máxima y mínima; con mayor intensidad en las regiones del norte del país. Para la precipitación, estos autores reportan una tendencia positiva al inicio del siglo, seguida de un cambio hacia la disminución a lo largo del país y para muchas regiones del sur. Huhne y Slingo (2011) reportan que en la región montañosa del centro de México la temperatura y la precipitación han aumentado y disminuido, respectivamente, desde 1960; y se espera que la temperatura aumente entre 2.5 a 4 °C para el 2100. Para la lluvia, las proyecciones indican una reducción del promedio anual de lluvia entre el 5 al 10 %. De manera similar, Ruiz-Corral *et al.* (2011), reportan que el aumento de la temperatura diurna y nocturna incrementarán la evapotranspiración potencial, lo que reducirá el desarrollo de los maíces, acortando la etapa de crecimiento y disminuyendo su desempeño. Lo anterior, aunado a la reducción de la precipitación, también tendrá un efecto negativo en el rendimiento de las distintas zonas productoras de maíz. Debido a esto, se espera que los ecosistemas y los estilos de vida de las personas en estos sitios sean vulnerables en uno u otro grado (Cuervo-Robayo *et al.*, 2018).

Las prácticas agrícolas, en particular en los terrenos de temporal, están íntimamente ligadas con la variación climática. Ya desde la época prehispánica, Broda (1996) señala la importancia de la calibración de las fechas de la siembra con base en la observación sistemática del sol para estimar el inicio de las lluvias. La fecha de siembra prácticamente depende del inicio de la temporada de lluvias, y su retraso sigue siendo una fuente de

preocupación para los campesinos, ya que puede exponer los cultivos a las heladas vinculadas con la temperatura mínima en zonas templadas o frías a finales de año. De manera similar, la canícula –una pequeña sequía en mitad del verano– puede influir sobre el desempeño de las plantas a la mitad del ciclo, y poner en riesgo la producción de plantas como el maíz (Conde y Eakin, 2003; Conde, *et al.*, 2006). Otro tipo de prácticas de manejo vinculada con los fenómenos meteorológicos son la selección o cambio de la composición de especies en los terrenos. Estos cambios se hacen por especies más resistentes a fenómenos meteorológicos como el viento, por variedades mejoradas o con crecimiento rápido, o porque tienen mayor valor comercial (Conde, *et al.*, 2006; Monterroso Rivas *et al.*, 2011).

Este escenario resulta desalentador para gran parte del campesinado mexicano, que aunado a que la mayoría siembra maíz de temporal en zonas vulnerables al cambio climático, también sufre un abandono por parte de las políticas gubernamentales que inducen la migración de la principal fuerza de trabajo (Monterroso Rivas *et al.*, 2011; Ureta y González, 2015). El panorama se complica aún más para los campesinos indígenas cuyos territorios, aunque puedan ser reservorios de fuentes de agua u otros recursos, se encuentran en zonas que son consideradas como poco aptas para la siembra de maíz (Hernández-Vázquez *et al.*, 2007). Para estas generalidades las prácticas agrícolas no sólo se orientan a la obtención de dinero, sino que son un pilar de la reproducción cultural (Boege, 2008).

En México, el sistema milpa es el sistema productivo más importante. Usualmente, la milpa está compuesta por el maíz (*Zea mays*), calabaza (*Cucurbita pepo*), chile (*Capsicum annum*), y frijol (*Phaseolus vulgaris*). La composición de especies y las prácticas de manejo de la milpa puede variar de una región a otra. Esta variación es el resultado de siglos de selección de las semillas y de la experimentación llevada a cabo por campesinos en paisajes heterogéneos. Lo anterior ha derivado en varias razas o variedades distribuidas a lo largo del país, y adaptadas a las condiciones locales (H. Perales y Golicher, 2014; H. Perales *et al.*, 2003). Otra fuente de variación del manejo de la milpa son los cambios políticos y económicos, influyendo mediante el rediseño de los programas de apoyo agrarios o a través de la apertura comercial del maíz (Eakin *et al.* 2014). A pesar de este panorama, el cultivo de la milpa, por su carácter se reconoce como una estrategia viable frente a las fluctuaciones socioeconómicas y al cambio climático (Benítez *et al.*, 2014).

Justificación

Como reportan Karki *et al.* (2019), a partir del 2010 el número de trabajos sobre la percepción y adaptación al cambio climático o a la variación climática han incrementado de forma importante. Sin embargo, el desarrollo de estos estudios se ha concentrado en África y el sudeste asiático; de tal modo que este estudio busca complementar la información sobre la percepción del cambio climático.

La importancia del sitio de estudio radica en que las zonas altas del Valle de Tehuacán, y en particular en las comunidades estudiadas, se conjugan condiciones ambientales tales como pendientes pronunciadas, bajas temperaturas, vientos y lluvias fuertes con los estilos de vida agrícolas organizados en torno al cultivo del maíz de temporal. Si consideramos que la zona de estudio está habitada por comunidades indígenas, nos encontramos entonces en un escenario que representa un contexto de alta vulnerabilidad al cambio climático. Este tipo de ambientes, si bien son variables, representan parte del patrimonio biocultural mexicano (Boege, 2008).

Los estudios como este son valiosos porque recogen información climática a escala local en sitios en donde los registros climáticos pueden estar incompletos o ausentes. Por lo tanto, es fundamental que de manera conjunta se diseñen políticas de adaptación al cambio climático que incorporen y atiendan las percepciones de las familias campesinas.

Preguntas de investigación, hipótesis, y objetivos

Pregunta de investigación

Este trabajo se orienta en función de la pregunta principal ¿Puede la percepción a la variación climática explicar el cambio en las prácticas de manejo en las milpas y su distribución en el espacio y tiempo?

Esta pregunta me llevó a cuestionarme de manera particular:

- a) ¿Cuáles son las variables meteorológicas que los agricultores perciben con mayor facilidad?
- b) ¿Cómo la percepción de estas variables influye en el manejo espacio-temporal de las milpas?

Hipótesis

H1: Los campesinos perciben cambios en la variabilidad meteorológica mediante sus efectos en las milpas y otros indicadores climáticos.

H2: Los campesinos modifican el manejo de sus milpas a partir de su percepción de los efectos del cambio de la variabilidad meteorológica.

Objetivos

Para probar esta hipótesis el objetivo general fue:

Determinar en qué medida las prácticas de manejo han cambiado desde al menos hace 10 años en función de la percepción a la variabilidad climática.

Los objetivos particulares fueron:

- Describir de manera general las milpas y su manejo a lo largo del año.
- Describir los cambios históricos de las prácticas de manejo del sistema milpa.
- Describir el proceso por medio del cual los campesinos perciben varios indicadores o predictores climáticos.
- Explorar la relación entre la percepción y las características socioeconómicas.
- Contrastar la percepción de los campesinos con el registro climático.

Metodología

Sitio de estudio

Los sitios de estudio fueron dos comunidades nahuas: San Gabriel Vista Hermosa y San Marcos Tlatlalkilotl. Estos pueblos pertenecen al municipio de Santa María Coyomeapan en el estado de Puebla, que se localiza en los paralelos 18° 11' y 18° 23' de latitud norte y los meridianos 96° 51' y 97° 06' de longitud oeste. La comunidad de San Gabriel (en adelante SG) se encuentra a una altura de 2041 m s.n.m., la temperatura promedio anual es de 13.8 °C y la precipitación total anual promedio es de 1582 mm. La comunidad de San Marcos (en adelante SM) se localiza un poco más abajo a 1941 m s.n.m., y presenta una temperatura promedio anual de 15 °C y la precipitación total anual promedio de 1590 mm. Estas comunidades se ubican sobre la misma ladera montañosa en la parte sur del municipio (fig.1). La diferencia altitudinal entre los dos sitios genera un contraste en las condiciones de temperatura y humedad. El paisaje está dominado por campos de cultivos en los alrededores de las comunidades, aunque hay fragmentos de bosques de coníferas, y pino-encino. En ambas comunidades los habitantes pertenecen al grupo étnico nahua, y muchos de ellos hablan náhuatl y español.

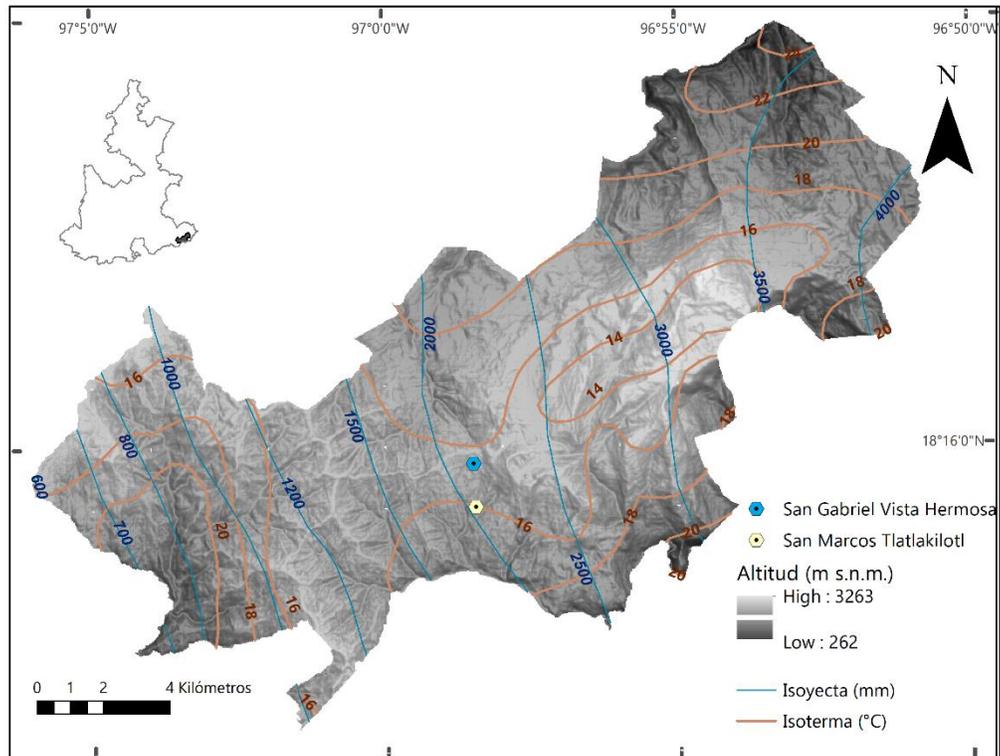


Figura 1. El mapa muestra la ubicación de las comunidades de estudio, y también el cambio altitudinal del municipio de Santa María Coyomeapan. Las isolíneas de temperatura y precipitación indican los cambios de estas variables en el espacio. Fuente: elaborado por el autor usando datos de INEGI.

Método

Para llevar a cabo los objetivos realicé salidas al campo en julio del 2017 y abril del 2018. El grupo de trabajo obtuvo el permiso de las autoridades municipales para trabajar en el municipio desde el 2016, año en que trabajamos con otras comunidades. Para obtener los permisos de trabajo en San Gabriel (SG) y San Marcos (SM) contacté a los inspectores (las autoridades y representantes locales de cada comunidad), y se acordó hacer una reunión para explicar los objetivos de la investigación. Sólo en SG se reunió a la comunidad; sin embargo, en ambas comunidades expliqué el proyecto y los métodos a un grupo grande de campesinos.

Durante la salida de campo de junio - julio del 2017 apliqué entrevistas semi-estructuradas en las dos comunidades. La entrevista consistió en 40 preguntas organizadas en cuatro secciones (cuadro 1, entrevista completa en el anexo). Apliqué las entrevistas a los campesinos de al menos 30 años. Este límite de edad fue establecido considerando el supuesto de que los campesinos mayores son más experimentados, y por lo tanto podrían ser más sensibles que los jóvenes a los cambios en la variabilidad climática. Antes de cada entrevista expliqué el proyecto y los objetivos, además pedí permiso para grabar la entrevista usando una grabadora de voz (SONY) y llenar los formatos impresos de la entrevista. Debido a que las comunidades no son muy pobladas tomé la decisión de entrevistar a todos los campesinos posibles.

Con el objetivo de identificar los cambios en los últimos 10 a 50 años en la frontera agrícola, y en la ubicación de las milpas dentro de los territorios de la comunidad planeé un intento de realizar un taller en cada comunidad en abril del 2018. Para llevar a cabo dicho taller usé una imagen satelital (ESA Sentinel 2) de los sitios de estudio con una resolución de 10 × 10 m. Con un software (ArcMap 10.3) resalté algunos aspectos importantes del paisaje que auxiliasen a las personas a ubicarse (fig. 2). Durante el taller se emplearon películas transparentes en las cuales se anotaron los cambios usando marcadores.

Desafortunadamente, por cuestiones de organización no se concretó hacer un taller comunitario, por lo que procedí a realizarlo de manera individual con las personas disponibles. Durante esta salida en SG trabajamos con tres personas que no habíamos entrevistado antes (SG21, SG22, y SG23) y con una previamente entrevistada, lo que dividió los datos en las personas entrevistadas en la primera salida, y aquellas que participaron en el taller-entrevista de abril; en SM no hubo personas dispuestas a participar.



Figura 2. Imagen usada para el taller. Estrellas rojas = comunidades; líneas moradas = caminos principales; línea naranja y azul = cabecera municipal y cuarta sección de la cabecera municipal, respectivamente. Fuente: Mapa elaborado por el autor en ArcMap 10.3, usando imagen satelital Sentinel 2 (ESA).

Análisis cualitativos y cuantitativos

El análisis de contenido de las entrevistas y del taller lo realicé con el software Atlas.ti 7. La unidad hermenéutica usada en el análisis consistió en los formatos de campo vaciados en hojas de Excel; las grabaciones de audio de las entrevistas; y las fotografías tomadas durante el trabajo de campo. Todos los tipos de datos fueron citados y codificados en Atlas.ti. La codificación inició con las preguntas de la entrevista. Posteriormente se añadieron nuevos códigos a medida que el proceso avanzó.

Con la intención de explorar la relación entre la percepción y la memoria de los campesinos caractericé y contrasté los años mencionados u obtenidos en las entrevistas con los datos climáticos históricos alojados en el Servicio Meteorológico Nacional. Estos datos se obtuvieron de la estación meteorológica “21114 Zoquitlán”

(<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>) que se encuentra en el municipio homónimo en el estado de Puebla. Esta estación es la más cercana a las comunidades estudiadas (aproximadamente a 15 km al norte de las comunidades) en condiciones ambientales similares (2077 m s.n.m. de altitud). La información climática contiene las mediciones diarias de la precipitación, la temperatura máxima y mínima desde enero de 1954 hasta diciembre de 2016.

Para el análisis de la información climática, del registro completo removí los años incompletos o con menos del 80 % de los datos. Para ello se usaron los paquetes del tidyverse 1.2.1 (Wickham, 2017). Posteriormente se analizaron los años mencionados por los campesinos o calculados a partir de las entrevistas (1967, 1969, 1974, 1975, 1978, 1993, 2002, y 2003). Para realizar estos análisis se usó el software estadístico R (R Core Team, 2018). Para estos años se obtuvo el número de días por mes y las normales climáticas mensuales mediante la función *climate* del paquete “ClimClass” (Eccel *et al.*, 2016). Como una medida del estrés hídrico experimentado por las milpas (en particular el maíz) se calculó la evapotranspiración potencial para cada mes con la ecuación de Hargreaves modificada por Droogers y Allen (2002), e incorporada en el paquete “SPEI” (Beguería y Vicente-Serrano, 2017).

Cuadro 1. Diseño de la entrevista y su relación con las hipótesis y los objetivos.

Hipótesis	Objetivos	Sección de la entrevista	Supuestos	Predicciones
	Documentar la percepción de varios indicadores o predictores climáticos	Calendario estacional / Percepción y adaptación al cambio climático.	Los campesinos prestan más atención a los cultivos que sustentan su vida. Por lo tanto, los impactos climáticos más nocivos para éstos se percibirán con más facilidad.	<ol style="list-style-type: none"> Las menciones se concentrarán en las variables meteorológicas más importantes para los cultivos como la lluvia y la temperatura. La percepción de cambios en clima será mayor en las cosechas más importantes como el maíz. La primera respuesta ante los impactos será la adaptación del manejo.
Los campesinos perciben cambios en la variabilidad meteorológica mediante sus efectos en las milpas.	Contrastar la percepción de los campesinos con el registro climático.	Percepción y adaptación al cambio climático.	La percepción de cambios en el clima es mayor en los meses con las condiciones más extremas.	<ol style="list-style-type: none"> Las personas recordarán los años con valores de precipitación o temperatura anómalos.
	Explorar la relación entre la percepción y las características socioeconómicas.	Aspectos socioeconómicos y personales.	La migración y la escolaridad expone o brindan a los campesinos a más información vinculada al cambio climático. La edad de los campesinos es un indicador de experiencia, y permite hacer más clara la comparación del	<ol style="list-style-type: none"> Las personas con mayor experiencia migrando percibirá más fácilmente los cambios. Las personas con más edad discernirán más fácilmente los cambios en el clima. La percepción de los campesinos con negocios será menor
Los campesinos modifican el manejo de sus milpas a partir de su percepción de los efectos del cambio de la variabilidad meteorológica.	Describir los cambios históricos de las prácticas de manejo de la milpa. Describir de manera general las milpas y su manejo a través del año.	Taller- entrevista con imagen satelital. / Características de los milpas y su ubicación. Características de las milpas y su ubicación. / Calendario estacional.	El manejo de los terrenos es el resultado de una planificación espacial y temporal a distintas escalas Las decisiones de manejo son un reflejo de la interacción entre las tradiciones culturales y los factores externos a la comunidad. Las prácticas de manejo están calibradas con las condiciones meteorológicas. Por lo tanto, los cambios en éstas inducen ajustes en las prácticas de manejo.	<ol style="list-style-type: none"> La configuración espacial actual de las milpas se debe a cambios en la lluvia o temperatura. Las fechas importantes para las labores agrícolas habrán cambiado como resultado de los cambios meteorológicos percibidos.

Fuente: Elaborado por el autor.

Para conocer si los años mencionados fueron distintos del promedio del intervalo 1954 - 2016 calculé los intervalos de confianza al 95 % para las evapotranspiraciones mensuales. Realicé la modelación de la evapotranspiración usando la técnica de remuestreo Bootstrap, mediante la función *boot* del paquete homónimo (Canty y Ripley, 2017). La lógica de la técnica es obtener un número n de muestras aleatorias de una misma población de datos observados; y para cada muestra i calcular un estadístico determinado. Por lo tanto, para obtener el intervalo de confianza del mes de enero, hice un remuestreo ($t = 1000$) de las evapotranspiraciones para todos los eneros del intervalo 1954 - 2016; y en cada ocasión calculé el promedio. Lo anterior lo repetí para cada mes.

Exploración de la percepción a la variabilidad climática y los factores socioeconómicos

Para poder incluir la percepción como una variable dentro de los modelos construí un índice de percepción para cada campesino. Este índice se construyó promediando los puntajes de las respuestas sobre los cambios en la fecha de la siembra; en la intensidad y distribución de la temporada de lluvias; los cambios en la temperatura para los meses más fríos y cálidos; y su percepción sobre el cambio en el viento y en la presencia de plagas (preguntas 25, 26, 29, 30, 33, 35c, y 35d, anexo 1). Las respuestas a dichas preguntas se codificaron en función de si el campesino percibió cambios y si la respuesta era más detallada.

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

En donde p_i es el puntaje obtenido en la pregunta i , y n es el número de preguntas.

Para saber si este índice está vinculado con las variables socioeconómicas que describen a la persona entrevistada, ajusté y seleccioné una serie de modelos de efectos mixtos. Estos modelos permiten modelar de forma separada los efectos fijos de los efectos aleatorios (*fixed effects* y *random effects*, respectivamente). Esta partición ayuda a reconocer el efecto de interacciones espaciales o temporales en la variación de los datos. En este estudio estos

modelos nos ayudan a contemplar el efecto de residir en una misma comunidad. En otras palabras, el efecto que puede tener que los campesinos de una comunidad experimenten el mismo espacio. Dichos modelos los realicé usando la función *lmer* del paquete “lme4” (Bates *et al.*, 2015).

El modelo inicial fue:

$$IP \sim \text{soc.edu} + \text{soc.mig} + \text{num.terr} + \text{plan.man} + \text{alt.alt} + \text{alt.med} + \text{alt.baj} + (1|\text{soc.loc})$$

En donde los efectos fijos *soc.edu* es el nivel educativo; *soc.mig* es la experiencia migratoria; *num.terr* es la cantidad de terrenos que posee; *plan.man* es el número de plantas manejadas en sus terrenos; *alt.alt*, *alt.med*, y *alt.baj* son el número de terrenos que posee en las zonas alta, media, y baja, respectivamente. El término $(1|\text{soc.loc})$ designa el efecto aleatorio de residir en una comunidad.

A partir de este modelo comencé a remover una variable a la vez; después revisé los cambios y seleccioné el mejor modelo usando el criterio de información de Akaike corregido (AICc) usando la función *AICc* del paquete “wiqid” (Meredith, 2018). El AICc asigna un valor a cada modelo con base en el ajuste del modelo a los datos, el número de parámetros que tiene, y el tamaño de la muestra. Mientras menor sea el AICc mejor es el ajuste del modelo a los datos. Para encontrar el mejor modelo comparé los AICc’s, el peso, y la verosimilitud de cada modelo en ese paso mediante la función *AICtable*. Repetí el proceso de remoción de variables usando el modelo seleccionado en cada paso como referente hasta obtener el modelo final. Para probar la “significancia” de los parámetros calculé los intervalos de confianza para el 95 % usando la función *confint.merMod* del paquete “lme4”.

Finalmente, para explorar la relación entre el índice de percepción y la probabilidad de que un campesino haga cambios en el manejo, realicé una regresión logística, mediante la función *glm*, especificando que la distribución de los residuos es binomial (*family = binomial*). La variable de respuesta fue la probabilidad de realizar al menos un cambio en el manejo de sus sistemas. Se codificó como 1 si la persona mencionó que había realizado al menos una de las siguientes acciones: cambios en la fecha de siembra del maíz, introducción de nuevas especies de cultivo, uso de pesticidas, o implementación de un sistema de riego. De otro modo se codificó como 0.

Resultados

Orígenes de las comunidades y manejo histórico

La historia de la comunidad de San Gabriel se remonta a la cabecera municipal, desde donde un grupo de familias migraron hacia la comunidad de Huilulco. Los campesinos recuerdan que alrededor de hace 30 años se *limpió* una parte de los terrenos que ahora conforman SG para empezar a sembrar la milpa. En este espacio había principalmente bosque (no mencionaron, pero probablemente bosque mixto de encino-pino), y sólo alrededor de 10 personas (SG22), de las cuales tres cosechaban (SG21). Los conflictos internos en Huilulco provocaron que una sección de las familias (alrededor de 25 personas, SG23) decidiera separarse y migrar al espacio antes mencionado, y que en el 2003 ó 2007 (SG21 y SG15, respectivamente) se fundara el pueblo de SG. La presencia de un manantial en el sitio fue una de las razones para fundar el pueblo (SG15, fig. 3).

Las personas recuerdan que además de estar menos poblado, en el pasado sus casas estaban rodeadas por el bosque (fig. 4). No obstante, dijeron que conforme el pueblo comenzó a crecer las personas empezaron a manejar especies nuevas en los sistemas de cultivo, tal como la manzana.

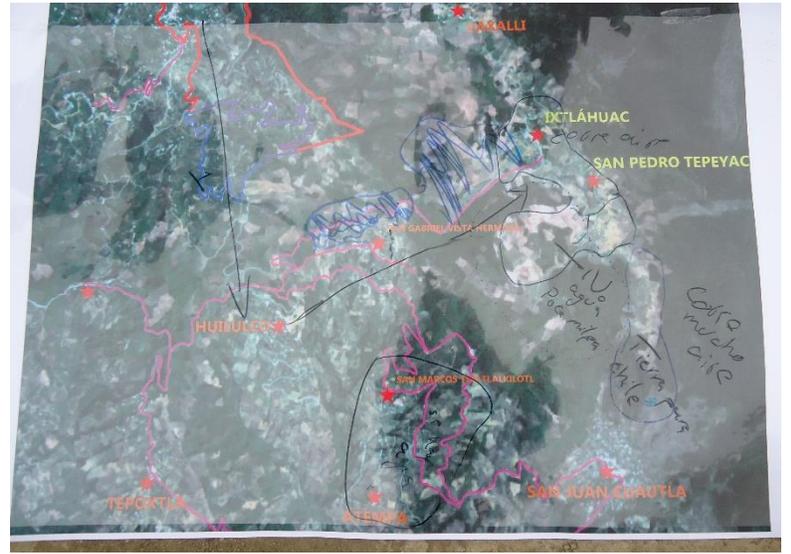
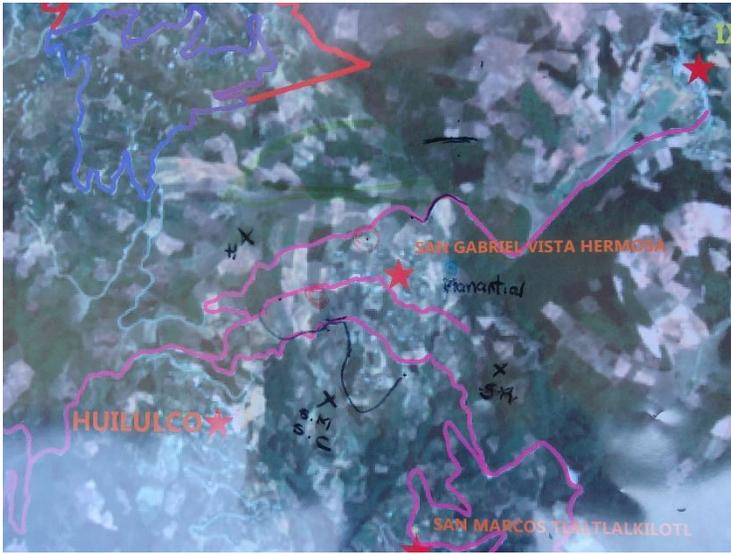


Figura 3. En negro se muestran las rutas de migración de las familias que conformaron San Gabriel (flechas) y las zonas en donde se ubican fuentes de agua, o en donde el viento es más intenso. Los trazos con plumón azul se muestran las zonas en donde se deforestó para dar lugar a los campos de cultivo. Las líneas moradas representan las carreteras de terracería, mientras que el polígono rojo y azul en la parte superior de la figura representan los límites de la cabecera municipal. Fuente: fotografías tomadas por el autor durante el trabajo de campo (22/04/2018).

La comunidad de San Marcos surgió por un proceso similar. Antes de concebirse como una comunidad aparte, SM formaba parte de Atempa, que sigue existiendo a unas decenas de metros cuesta abajo. Los campesinos recuerdan que decidieron formar una nueva comunidad porque los compañeros de Atempa no asistían a las convocatorias de trabajo comunal “Tequio”.

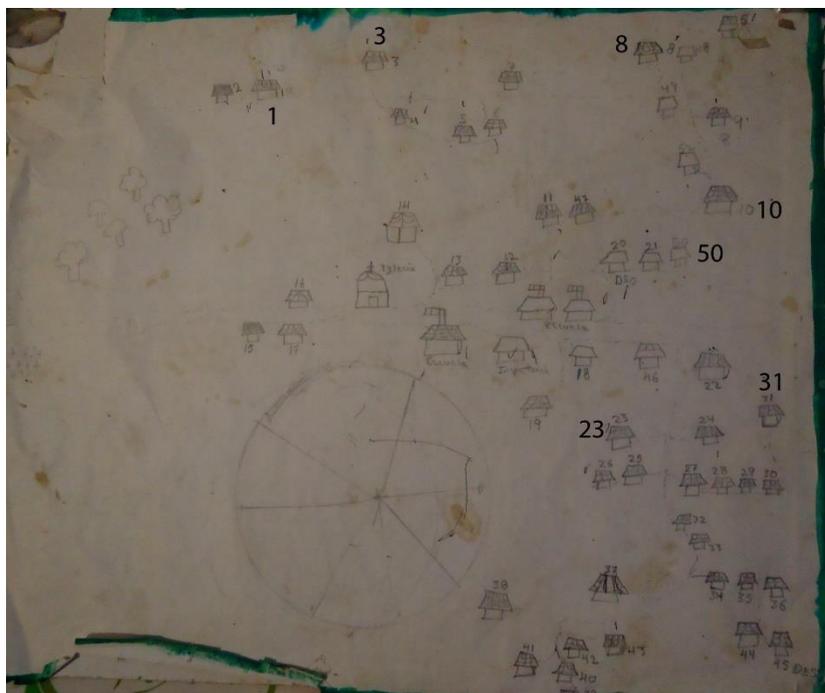


Figura 4. Mapa realizado por una señora de la comunidad de SG hace aproximadamente 10 años. De acuerdo con las entrevistas las casas marcadas digitalmente son aquellas que se encontraban antes de que se fundara SG como pueblo. Fuente: fotografía tomada durante el trabajo de campo (22/04/2018).

Aspectos socioeconómicos

Como resultado del trabajo de campo se entrevistaron a un total de 34 campesinos. Veinte de ellos pertenecen a la comunidad de San Gabriel (SG), y el resto en la comunidad de San Marcos (SM). La edad promedio de los campesinos entrevistados fue de 48 años. Todos nacieron en las comunidades estudiadas o en alguna comunidad cercana, y la mayoría han vivido ahí toda su vida. Las historias personales de los campesinos pueden resumirse en dos tipos: las personas que desde pequeños tuvieron que salir de sus comunidades en busca de trabajo y han regresado a su comunidad; y las personas que crecieron en sus comunidades y no han tenido que salir de ella por tiempos prolongados. A pesar de la variación en las historias de vida, el nivel educativo entre los campesinos de ambas comunidades es similar (4 ± 3 y 3 ± 3 años escolares para SG y SM respectivamente).

La ocupación principal de los hombres en San Gabriel y en San Marcos es el trabajo de la tierra. También es posible ver a las mujeres y a los niños o adolescentes trabajando en

los campos de cultivo, aunque durante el trabajo de campo sólo se les observó en cultivos diferentes al maíz, tales como los chilares. Adicionalmente, los campesinos mencionaron otras actividades como la venta de los excedentes de las cosechas y el empleo como albañiles en otras comunidades o en la ciudad de Tehuacán. Cabe resaltar que, aunque vendan sus cosechas, los campesinos no se consideran comerciantes. Solamente algunas personas que son dueñas de tiendas locales se asumen como comerciantes.

La tenencia de la tierra en ambas comunidades es privada. La adquisición de sus tierras puede haber sido por herencia de sus padres, mediante la compra de tierras, o por ambas formas. En SG la compra de terrenos no ha sido homogénea, ya que hay personas que los adquirieron hace más de 10 años y otras que recientemente empezaron a comprar tierras de forma consecutiva. En SM la situación es ligeramente distinta, ya que las personas que compraron terrenos lo hicieron hace más de 10 años. En ambas comunidades todas las personas que migraron han comprado terrenos; mientras que las personas que se quedaron en su comunidad han adquirido sus terrenos por herencia principalmente. Finalmente, en SG hay personas que no poseen terrenos y se ven forzados a rentarlos. Estas personas mencionaron que cada año cambian de terreno. En general las familias poseen más de una parcela, o *pedazos* como también les llaman (2 ± 1 en SG y 4 ± 2 en SM), y en casi todos se cultiva la milpa.

Estas tierras se distribuyen a lo largo de tres zonas altitudinales que pueden ir desde las comunidades frías de Ixtláhuac o Caxalli, y hasta las comunidades cálidas como Atempa, pasando por la zona intermedia de San Gabriel y Huilulco (fig. 3). En SG las personas consideran que los mejores terrenos se encuentran en las partes intermedias o bajas; de igual forma, en SM reconocieron que la zona baja es la más fértil. Estas zonas se perciben más adecuadas para la siembra del maíz porque el suelo "*es más chicloso*" (SG1, 7-jul-2017), "*abajo la tierra está más molida*" (SG5, 7-jul-2017) o porque "*en donde hace calor la tierra es más dura y eso es bueno para la milpa*" (SM11, 17-jul-2017). La temperatura y otros factores como la disponibilidad de agua también influyen en la evaluación de las tierras por los campesinos. En comparación con la fertilidad, la apreciación de la humedad de los terrenos no fue homogénea. En SG las personas mencionaron que los campos de la zona baja son más húmedos o igual que los de la zona intermedia. En SM los campesinos mencionaron que hay mayor humedad en zonas más altas. Además, también señalaron otros factores como la

pendiente para explicar la retención de la humedad en las partes bajas. En ambas comunidades las personas mencionan que la carretera hacia San Juan Cuautla marca el límite entre la zona fría (SG) y las partes cálidas (SM) (fig. 2 y 6c).

En términos migratorios estas comunidades son distintas a otras comunidades rurales en el país, ya que pocas personas han migrado hacia Estados Unidos; y los que lo hicieron finalmente regresaron a seguir trabajando como campesinos. Las rutas migratorias de estas personas generalmente tienen como meta la ciudad de Tehuacán o el municipio de San Gabriel Chilac (algunos estuvieron en la CDMX o en Sonora). La cercanía de esta ciudad y de los pueblos en donde los campesinos se emplean como constructores o jornaleros puede explicar el por qué estas personas mantienen lazos fuertes con sus comunidades.

Características y manejo de los sistemas agroforestales

Las familias en estas comunidades poseen o rentan uno o varios terrenos. Estas tierras en general son pequeñas (1.8 ± 1.4 ha), aunque algunas personas pueden llegar a tener terrenos de hasta 5 ha. Las tierras pueden estar tan cerca de la casa del campesino como para ser su patio, a una caminata de cinco minutos, o encontrarse en otra comunidad. En promedio las personas de ambas comunidades invierten alrededor de media hora para llegar a sus campos, aunque hay personas que pueden tardar hasta una o dos horas. Los cultivos pueden llegar a estar cerca de terrenos en donde se ha permitido el crecimiento o se sembró pino (*Pinus* sp.). Empero, algunas personas consideran que la interacción entre los pinos y el maíz puede reducir el desempeño del último.

En estas comunidades la planta más importante es el maíz o la milpa, como se refieren los campesinos. Dicha importancia se refleja en la cantidad de tiempo y esfuerzo para producir una buena cosecha. Los campesinos hablan de los maíces por su color: blanco; amarillo; rojo; azul/morado, y los maíces pintos o de varios colores (fig. 5). En conjunto todos estos maíces son nombrados “criollos”, y las personas los diferenciaron de los “híbridos” cuando se les preguntó sobre otros tipos de maíz. Con base en los modelos de distribución potencial lo más probable es que la raza de estos maíces sea cónico, y algunos presentan rasgos de la raza arrocillo (Perales y Golicher, 2014). Las personas aprendieron a manejar estos maíces

en distintos momentos de su vida. Algunos campesinos reportaron que lo hacen desde la infancia, mientras que otros dijeron haber aprendido a trabajar la tierra hasta su adultez. La mayoría de los campesinos empezaron sembrando el maíz blanco y luego los otros colores. Las razones por las que usan un tipo de maíz u otro depende de la ubicación altitudinal de sus terrenos. En las tierras altas y frías, que corresponden a las comunidades de Caxalli o Ixtláhuac hasta los límites con SG, los campesinos cultivan el maíz amarillo (fig. 6a y 6d). Las personas señalaron que sólo el maíz amarillo puede ser sembrado en esas zonas, ya que el blanco *se echa a perder* porque es *más débil*. El maíz azul (fig. 5b) se siembra poco debido a que las semillas se han *perdido*, a pesar de que este maíz no sea vulnerable al frío.

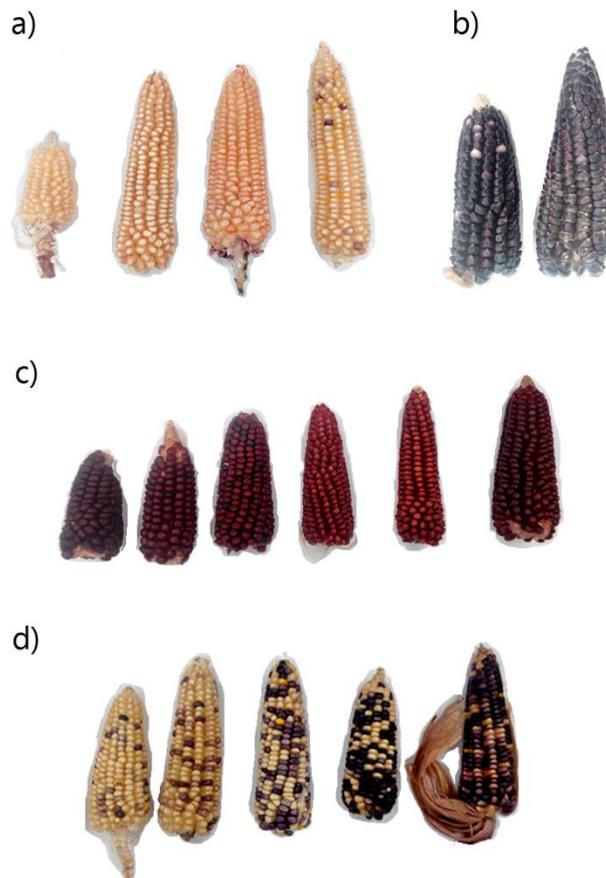


Figura 5. Variedad de colores y tamaños en las mazorcas de estas comunidades. a) amarillo o *coztic*, b) azul/morada, c) rojo, y d) blanco, *iztac* y pinto. Fuente: elaborado por el autor empleando las fotografías de las mazorcas colectadas durante el trabajo de campo (enero y abril del 2018).

Además del maíz, las familias de estas comunidades complementan su dieta y sus ingresos económicos mediante el cultivo de otras plantas además del maíz (cuadro 2). En la comunidad de SG los campesinos llegan a cultivar dentro de la milpa hasta 13 especies, y hasta 12 en SM. Estas especies no son manejadas por todas las familias, y aún entre las que sí lo hacen existe variación en el tiempo que llevan haciéndolo.

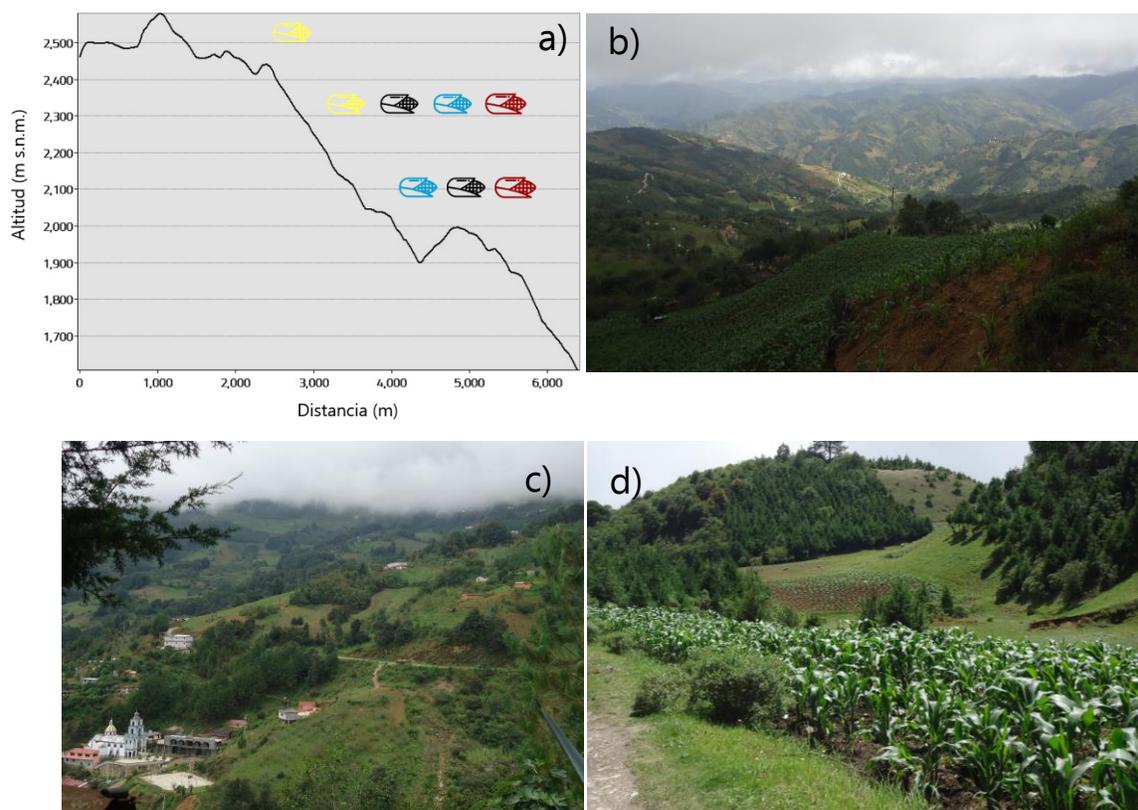


Figura 6 Representación del perfil altitudinal de la zona de estudio. Los distintos maíces se siembran en función de las condiciones climáticas locales. a) los maíces se ubican a la altura aproximada de las comunidades. b) Vista de la ladera sobre la que se encuentran los pueblos de SG, SM, y Atempa. c) Vista desde la comunidad de SM, se aprecia una clara división entre la zona de niebla que envuelve a SG y la parte baja en donde se encuentra SM. d) Milpas en los terrenos planos de las partes altas de la ladera. Fuente: a) Perfil altitudinal elaborado a partir del modelo digital de elevación de INEGI; b), c) y d) Fotografías tomadas por el autor (junio y julio 2017).

Los árboles frutales fueron introducidos a la comunidad de SG cerca del momento de su fundación; y hay otras especies que fueron cultivadas en el pasado y ahora no (ej. papa, SG15).

Debido a las limitaciones de espacio, los campesinos tienen que decidir si sembrarán más de una especie en un mismo terreno o si lo destinarán para un único cultivo. Las especies de herbáceas generalmente se siembran solas, un ejemplo son los campos de habas (fig. 7a). De entre todas ellas, el chile canario o manzano es apreciado por la retribución económica de su cultivo.

El arreglo espacial de la siembra es el mismo para todas las especies. Se siembran en hileras perpendiculares a la orientación de la pendiente, y en el caso de los árboles se siembran a una distancia de 4 ó 6 m para evitar que se *estorben* entre ellos (fig. 7e y 7f). La disposición de las plantas en hileras además permite mantener espacios por los cuales los trabajadores pueden transitar cuando las plantas han crecido.

Las combinaciones espaciales entre especies no son raras en estas comunidades. La más importante de todas ellas es la milpa (fig. 7c). En SG y SM la milpa es el cultivo en conjunto de tres especies: el maíz, el frijol, y el haba. La milpa es la forma más común de encontrar estas especies en los campos.

En las partes intermedias y altas, principalmente, los campesinos tienen cultivos de manzana, durazno, ciruela, y *unas cuantas matas* de aguacate. La presencia de estas especies es común en el municipio, y para el caso de la manzana, la gran mayoría de los cultivos tienen más de 10 años habiendo sido sembrados por los padres de los dueños actuales.

Cuando los campesinos poseen árboles en sus terrenos surgen nuevas combinaciones. En estos terrenos la milpa se siembra entre cada árbol o mata (fig. 7d y 8e), o en sitios cercanos (fig. 7b y 8d).

...entonces mejor en ese caso a donde está la manzana ahí metemos milpa igual... Porque no podemos sembrar por donde quiera. Tenemos que sembrar por fila para que así en medio en donde dejamos espacios podemos sembrar otras cosas (SM3).

Cuadro 2. Plantas mencionadas que son manejadas en los campos. El maíz o la milpa puede estar o no intercalada.

Nombre común	Nombre científico¹	Familia
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill	Lauraceae
Calabaza	<i>Cucurbita</i> sp. L.	Cucurbitaceae
Cebolla	<i>Allium cepa</i> L.	Amaryllidaceae
Chayote	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) W.	Cucurbitaceae
Chile canario	<i>Capsicum pubescens</i> Ruíz y Pav.	Solanaceae
Chícharo	<i>Pisum sativum</i> L.	Fabaceae
Chilacayota	<i>Cucurbita ficifolia</i> Bouché	Cucurbitaceae
Ciruella	<i>Prunus domestica</i> L.	Rosaceae
Durazno	<i>Prunus pérsica</i> (L.) Batsch	Rosaceae
Frijol blanco	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae
Frijol negro	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae
Garbanzo	<i>Cicer arietinum</i> L.	Fabaceae
Haba	<i>Vicia faba</i> L.	Fabaceae
Jitomate	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Solanaceae
Maíz amarillo (Coztic)	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
Maíz blanco (Iztac)	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
Maíz azul	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
Maíz rojo	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
Manzana	<i>Malus domestica</i> (Suckow) Borkh.	Rosaceae
Tomate de cáscara	<i>Physalis pubescens</i> L.	Solanaceae

Fuente: Elaborado por el autor. Los nombres se obtuvieron de <http://powo.science.kew.org/> y <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.html>



Figura 7. Se muestran distintas combinaciones de especies y arreglos espaciales. a) Matas de haba junto con chile canario. b) En el primer plano se observa un campo de maíz, más atrás hay un grupo de árboles frutales, y al fondo un fragmento de bosque de pino. c) Campo de maíz solo. d) Plantas de maíz intercaladas con árboles de manzana. e) Plantas de chile canario intercaladas con árboles de manzana. f) Árboles de manzana en un campo en barbecho. Fuente: fotografías tomadas por el autor durante el trabajo de campo (enero y abril 2018).

Hay, empero, quienes consideran que esta práctica puede ser negativa cuando las sombras de los árboles se proyectan sobre el maíz o el chile canario (fig. 7e).

Normalmente hay que sembrarlo con la medida... es por decir un 4 × 4 m de distancia, para meterle maíz, para meterle frijol en medio. Porque si los sembramos muy pegados entonces la milpa ya no se da (SM11; aunque SM2 dijo que la distancia de separación entre árboles es de 6 m).

Calendario estacional o manejo temporal del ambiente

El manejo de varias especies en uno o varios terrenos que dependen de la lluvia impone a los campesinos la necesidad de planear sus actividades a lo largo del año. Junto con la lluvia, las épocas en las que ocurren los principales cambios en la temperatura y las heladas trazan los límites temporales de las principales actividades agrícolas. En la siguiente sección haré una breve descripción de las actividades agrícolas que se realizan, relacionadas con los periodos climáticos, así como su variación. Al final se encuentran los calendarios estacionales de forma resumida.

El barbecho

El barbecho es una actividad previa a la siembra de la milpa que consiste en deshierbar el terreno para almacenar o *sellar* la humedad de la lluvia de una temporada, y que pueda ser usada en la siguiente. Algunas personas usan el término barbecho y labrado como la práctica de limpiar el terreno y *dejarlo tendido* (fig. 8a y 8b). El agua acumulada durante el periodo de barbecho se mantiene, según los campesinos, hasta el mes de abril, de tal modo que ayuda hasta que llegan las primeras lluvias del mes de mayo. En San Marcos mencionaron que tienen que esperar hasta que llueva para poder barbechar porque “son tierras duras”. Además, SG12 mencionó que, en el pasado *los abuelitos* siempre sembraban la milpa en mayo, aunque no lloviera, y que rascaban la tierra hasta encontrar la tierra estuviera húmeda. El barbecho les da cierta seguridad a los agricultores de que la humedad

será usada por las plantas en la época de la siembra mientras se espera la lluvia (marzo a mayo o junio). En SG el barbecho se empieza desde noviembre y culmina en enero.

El costumbre [sic] que tenemos [es que] labramos la tierra en el mes de enero. Entonces [el suelo] agarra la humedad, con la humedad como que la tierra está tapada, entonces tiene la humedad para que nos aguante que vamos a sembrar, por decir, en el mes de abril. Y con el tiempesito [la lluvia] esté bien como el mes de mayo, y ya con eso podemos sembrar (SG3).

La siembra

La siembra del maíz varía de acuerdo con la altitud. En los terrenos ubicados en las partes altas (territorios de las comunidades de Caxalli, Ixtláhuac, aproximadamente 2500 m s.n.m. y la parte más alta de San Gabriel) los campesinos pueden sembrar desde febrero. Lo más frecuente, empero, es que inicie el 1° o 20 de marzo (SG1, SG6, SG10, SG19). En las partes intermedias que comprenden los terrenos de San Gabriel y Huilulco los campesinos empiezan a sembrar en abril o mayo. Finalmente, en las partes bajas los campesinos siembran hasta el mes de junio. Es claro entonces que conforme disminuye la altitud las fechas de la siembra se van recorriendo. Las razones que mencionaron los campesinos son múltiples. Hubo quienes dijeron sembrar constantemente en una fecha para evitar retrasar sus planes anuales.

Aquí ya estamos acostumbrados. Sembramos en abril, porque si sembramos en otro mes por ejemplo mayo o junio no ya no sale, nos atrasamos nosotros. Más abajito sí, por ejemplo, en otro pueblo, digamos en San Marcos o en Atempa, a lo mejor es otro temporal, a lo mejor siembran en el mes de junio, pero ahí saben cómo está su temporal. Y por ejemplo, en Ixtláhuac ahí siembran en el mes de febrero creo, porque ahí es más frío... por eso le digo, ellos ya saben cómo está su clima (SG2).

Nosotros tenemos que sembrar en marzo o hasta abril, porque si no sembramos o se pasa el mes, ya no se da, ya no crece... Por el calor, creo que por el calor. De repente hace mucho

calor y se seca la tierra, la milpita ya no aguanta, se seca... [La siembra] debe ser antes [de que llegue la lluvia] sí, para que aguante... Nadie sabe eso, como sabemos febrero loco dice la costumbre, de repente llueve o hace calor. Y acá de repente llueve, aunque esté haciendo calor. Pero llueve unas tres, cuatro veces, ya se mojó la tierra [y] en marzo ya empiezan a sembrar (SG7).

Otras personas señalaron que las diferencias en la temperatura o lluvia varían entre los pueblos y los terrenos. Lo anterior es un factor que algunos campesinos usan para determinar las fechas de siembra, ya que muchos esperan que el suelo esté húmedo para sembrar.

El amarillo siempre se siembra acá arriba y el blanco allá abajo. Ahorita lo sembré el blanco allá abajo, el amarillo no se da allá abajo. Sembramos allá arriba primero, [y] como en junio sembramos allá abajo, aquí sembramos como en marzo (SG6).

Yo trabajo dos, tengo el blanco y tengo el amarillo. Según la clima [sic] como está, como por aquí arriba sí le queda, hace mucho frío. Más debajo de aquí, pasando la carretera que está acá abajo ya cambia la clima, no hace tanto frío ya entonces ahí se da el blanco. Por el blanco también necesita un poco de calor. Pero el maíz, sabe lo que pasa, el maíz blanco es un poco más débil, en el corazón le entra polilla. Y el amarillo ese tarda dos años... el corazón no le entra luego la polilla (SG11).

De arriba sembramos como en marzo a abril, acá abajo como en mayo, [y] más abajo hasta junio... A lo mejor arriba hace más frío y acá crece más raído por el calor (SG18).

[Si no llueve] Ahora sí pasa la fecha, pasa el mes para sembrar, tenemos que esperarnos... Si sembramos en el mes de abril, si no cae el agüita entonces tenemos que esperar como un mes, hasta el mes de mayo (SG3).

Para otras especies como el chile canario la siembra se hace hasta julio.

La milpa la sembramos en el mes de marzo, de aquí pa [sic] abajo en el mes de junio. Lo tienes que hacer así por la humedad. Aquí en marzo hay poquito calor.

En San Marcos las personas que tienen terrenos en las partes altas también siembran maíz desde marzo. Sin embargo, la fecha en las partes bajas (San Marcos y Atempa) inicia en mayo y puede extenderse hasta julio. Al igual que en San Gabriel, los campesinos ajustan la fecha de la siembra en función de la ubicación altitudinal de los campos, la temperatura, y la lluvia.

Ahorita, aquí empezamos a sembrar casi el mes de mayo, junio, julio, hasta ahorita todavía están sembrando la milpa. Sí, porque tenemos que esperar el agüita. Sí pos si no viene el agüita sembramos y el maíz no se retoña, ahí va estar; entonces tenemos que esperar agüita. Entonces ahorita todavía está sembrando la gente, empezamos de mayo, junio, julio. Yo creo hasta julio termina ya, más tarde ya no va a dar, porque nomás pasa el tiempo (SM3).

Yo siembro como a mediados de junio el maíz. Aquí [en la zona baja, cerca de la carretera] como a principios de junio, y más abajo a mediados de junio porque acá la clima [sic] es más fría, entonces crece despacio, desarrolla despacio (SM6).

Cuando las personas pueden regar los campos (fig. 8c), la siembra puede hacerse desde enero o febrero y no está condicionada por la temperatura como en las partes altas. La siembra de las otras especies manejadas se distribuye a lo largo del año (fig. 9).

Cuando se riega, en mes de enero, febrero, marzo, abril, como mayo ya están los elotes. Se riega con la manguera, con aspersores (SM1).

El deshierbe

El deshierbe o limpieza consiste en quitar las hierbas que crecen dentro de los campos utilizando un azadón para que no interfieran con el crecimiento de los cultivos, o *le quiten la fuerza*. Además, para el caso del maíz, en la segunda limpieza del terreno se añaden sulfato

de amonio (sulfamin) como fertilizante; aunque algunos campesinos mencionaron que usan la gallinaza (excremento de gallinas que es usada en la siembra).

En SG el deshierbe se realiza en distintos meses dependiendo del cultivo que se esté manejando. En la primera mitad del año — de enero a abril— se deshierba el chile canario. En la segunda mitad del año —a inicios de junio— se inician los trabajos de limpieza del maíz. Los deshierbes pueden separarse en el calendario desde 15 días hasta un mes. Al final, el tiempo de deshierbe puede comprender desde inicios de junio hasta agosto o incluso septiembre.

Sembramos, junio ya va la desenyerbada [sic], le echamos abono. Dos desenyerbadas le damos y dos de abono... pues depende cómo llueva, como ahorita cayó rápido la lluvia, rápido crece la hierba, y a desenyerbar. Como ahorita apenas vamos a empezar a desenyerbar las milpas, cuando ya estén de este tamaño otra vez. Y ya después nos esperamos a que llegue enero para pixcar... Sí, utilizamos el sulfamil, unos usan urea. Depende los terrenos como los estén trabajando. (SG7).

En SM el deshierbe del chile canario es el mismo que en SG. Para otras plantas, como el tomate verde, la fecha de limpieza está entre febrero y marzo. La limpieza del maíz se recorre un mes, y en general empieza en el mes de julio hasta agosto, septiembre y algunas personas mencionaron hasta octubre. En ambas comunidades se realizan dos limpiezas del terreno al año, y el momento en el que se hace depende de la cantidad de lluvia que ha caído hasta el momento.

La cosecha

La cosecha o pixca del maíz se realiza en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero. En octubre se cosechan los elotes, antes de que los granos se endurezcan. De acuerdo con los campesinos de ambas comunidades la milpa *se llega* o madura al mismo

tiempo. Esto significa que el maíz estará listo para cosecharse al mismo tiempo, aunque en las partes altas haya sido sembrado antes que en las partes bajas.

En SM los campesinos que tienen terrenos en las partes intermedias o altas cosechan en marzo; mientras que en las partes bajas lo hacen en enero, febrero (principalmente), y marzo (fig. 8c y 8d).

El mes de cosecha viene siendo parejo, porque aquí aunque [el maíz] se siembre después se da igual, la cosecha se da igual. Ya en marzo empezamos a pixcar (SM11).

Allá arriba como en marzo... [Abajo en] Enero, febrero, o a veces hasta marzo. A veces hay una señora que a veces hasta como el abril (SM12).

En estas comunidades el manejo de los campos involucra el uso de fertilizantes en dos momentos del ciclo. Durante la siembra de la milpa y del chile canario los campesinos utilizan la gallinaza (excrementos de pollos). Para el chile canario se utiliza alrededor de un puño de gallinaza, la cual se vierte en donde se colocó la mata. Todos los campesinos mencionaron que utilizan la gallinaza, algunos desde hace más de una década.

Siempre se pone gallinaza revuelta con abono de borregos. Como ahorita ya está la milpa se necesitan fertilizantes.... La gallinaza es aparte cuando se siembra, pero ahorita se echa fertilizante de químico (SG2).

Bueno sí también usamos gallinaza, cuando mero mero sembramos es lo primero que empezamos a echar... pone la semilla y encima va la gallinaza (SG7).

Primero cuando sembramos echamos abono gallinaza y popó de borrego, después echamos el químico, dos veces echamos el químico (SG17).

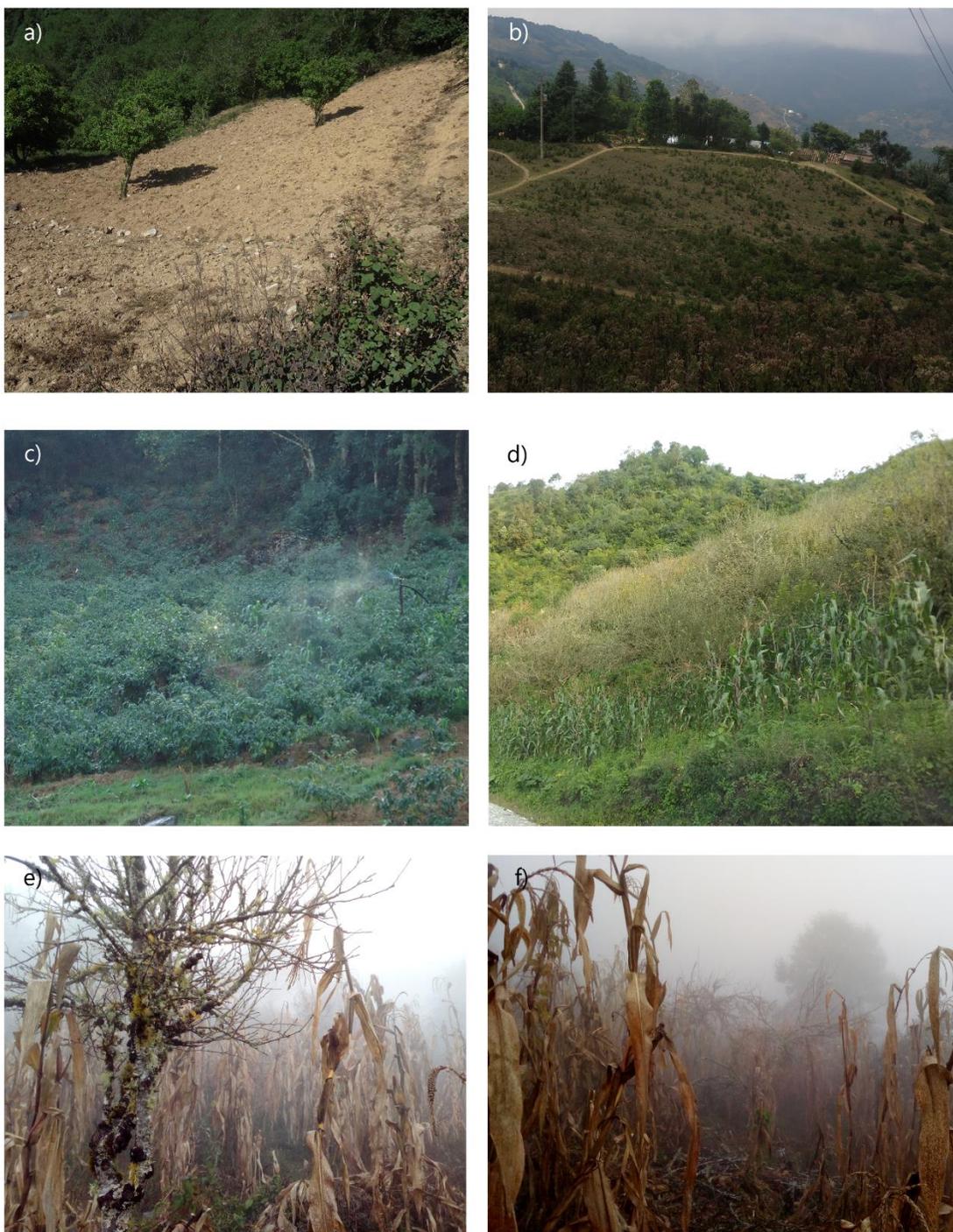


Figura 8. Cambios en los sistemas productivos a lo largo del año. a) Barbecho con árboles intercalado y en los bordes (abril). b) Campo en barbecho con plantas herbáceas no sembradas (abril). c) Campo de chile canario con sistema de riego (abril). d) Plantas de maíz intercaladas con árboles de manzana (septiembre). e) y f) Restos de plantas de maíz intercaladas con árboles de manzana (enero). Fuente: Elaborado por el autor con las fotografías tomadas durante el trabajo de campo.

Como mencioné anteriormente, las personas realizan sus prácticas de manejo de acuerdo con su percepción de las condiciones meteorológicas. Para los campesinos la transición entre la temporada de lluvias a la de secas sucede en los primeros meses del año, al mismo tiempo cuando empieza el calor. En la comunidad de SG las condiciones del mes de enero se perciben principalmente frías (para algunos es el más frío) y secas. Sin embargo, hay quienes mencionaron que enero es cálido o *tiempo de calor* (SG1); otras reconocen que enero marca el fin de la temporada de lluvias (SG11, SG13). Además, las heladas pueden empezar o terminar en este mes. Febrero y el resto de los meses hasta inicios de junio se reconocieron como la temporada de calor. Marzo, abril, y mayo son los más secos, aunque hay lluvias intermitentes en el último. En San Marcos la percepción es similar.

...la diferencia es que en tiempo de calor no llueve nada, por ejemplo, tres meses: marzo, abril y mayo, eso sí no llueve nada. Pero ya entrando en junio, ya [se] empieza a soltar el agua. Pero lo que nos ayuda más es en septiembre. [La lluvia] Lo llena bien [a] los maicitos. Ya en octubre, noviembre ya nomás [llueve] para que se macicen los maíces. Enero y febrero ya namás [sic] para que otras plantas revivan. En febrero ya termina el tiempo de lluvia, y los tres meses otra vez (SM6).

Actividad/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Barbecho												
Siembra												
Deshierbe												
Cosecha												

Actividad/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Barbecho												
Siembra												
Deshierbe												
Cosecha												

Figura 9. Calendarios estacionales de a) San Gabriel y de b) San Marcos con los cultivos mencionados en la entrevista. Se muestran los meses en los que se realizan el barbecho, la siembra, y la cosecha. Maíz (el color indica el tipo de maíz): ; frijol: ; haba: ; chile canario: ; chícharo: ; manzana: ; durazno: ; jitomate (verde = tomate de cáscara) . Fuente: elaborado por el autor: Créditos de los íconos: smashicons, healthy food, turkkub y Goodwana, disponibles en www.flaticons.com

Percepción de la variabilidad climática

La mayoría de las personas entrevistadas reconocen un cambio en el comportamiento de las variables meteorológicas en relación a cómo ocurrían en el pasado. Sin embargo, algunas personas comentaron que no han ocurrido cambios, o percibieron que la variación es la misma o “normal”.

De los indicadores climáticos que investigamos, la lluvia y el viento fueron las variables abióticas que registraron más menciones (12 personas en ambas comunidades para el caso de la lluvia, y 12 y 7 para el viento, respectivamente); mientras que la floración fue la que más respuestas tuvo entre los indicadores bióticos (fig. 10). Sólo una persona vinculó los cambios en las fechas de floración con la lluvia. Los cambios en el comportamiento de los animales reportados fueron la ausencia de coyotes, zorros, o aves que se encontraban en el bosque. Y sólo una persona mencionó unas aves negras provenientes de Tehuacán que habían llegado hace unos años y que afectaban al maíz.

Los campesinos distinguieron entre la variabilidad interanual —por ejemplo, que cada año el mes de abril sea distinto— y los cambios en el comportamiento de dicha variación a escalas temporales mayores —que la temporada de lluvias ya no sea la misma que antes desde hace varios años consecutivos—. En la mayoría de las veces las personas no dieron una explicación a estos cambios; y cuando lo hicieron mencionaron que éstos son simplemente el *cambio de los tiempos*.

Sigue lo mismo, cada año, a veces sí cae antes el aguacero o más adelante. Lo que ha cambiado ahorita es que unos días hace calor, otros días llueve (SG1).

Es normal, a veces llueve el fin de junio, a veces como el 15 de junio, pero casi siempre así es el tiempo (SM5).

A veces se cambia, y que el mes a veces es poco a veces mucho. No sabemos en qué mes, pero sí sentimos así. A veces [en] el año sí mucho cae el agua, a veces no (SM10).

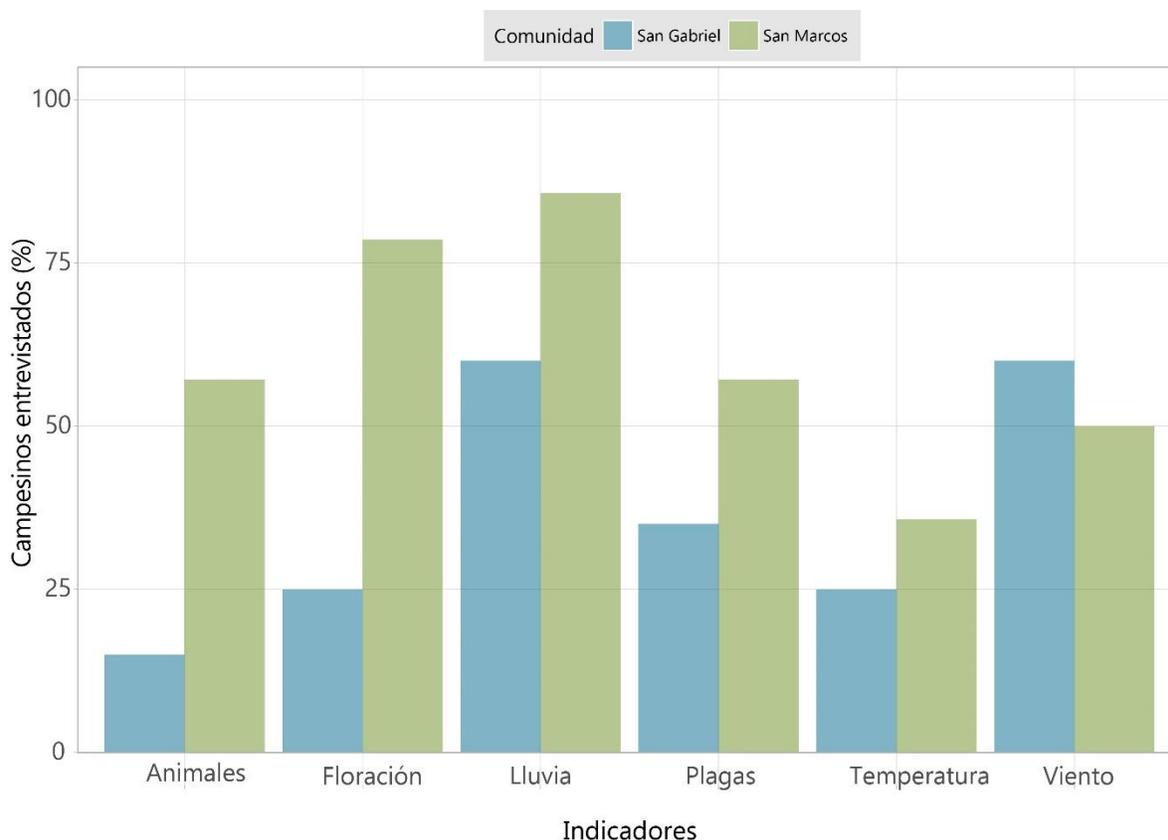


Figura 10. Porcentaje de personas que respondieron positivamente a las preguntas de cambios en los indicadores climáticos por comunidad. Animales = Cambios en el comportamiento o presencia de animales; Floración = Cambios en las fechas de floración; Lluvia = Cambios en la intensidad o en la temporada de lluvia; Plagas = Presencia de plagas nuevas; Temperatura = Cambios en las temporadas o en los valores extremos; Viento = Cambios en la intensidad o en la dirección del viento. $N_{SG} = 20$ (19 en temperatura y plagas), $N_{SM} = 13$ (14 en plagas). Fuente: Elaborado por el autor con base en los datos de las entrevistas.

Percepción de cambios en la lluvia

Las respuestas sobre los cambios en la variación de la lluvia fueron diversas al interior de las comunidades y entre las comunidades. Los cambios identificados se centran en la intensidad de las lluvias, en la estacionalidad de la temporada de lluvia, y algunos mencionaron cambios en el tipo de la lluvia (fig. 11).

Los campesinos, cuando reconocieron cambios en la intensidad de la lluvia, mencionaron que en el pasado la lluvia era más fuerte que ahora. Los recuerdos de las personas se refieren

a cómo era el estado del tiempo, y cómo eso influía en su vida, principalmente en sus bienes materiales y sus actividades de trabajo.

No, era al revés, de noche no llovía y de día llovía todo el día y no podíamos trabajar... Eso ya tiene como cuando yo tenía unos 13 años, 14 años veía yo eso, porque namás [sic] andaba cuidando chivos. Y así andábamos en las lluvias aunque sea, por eso me acuerdo que andaba en la lluvia en el día (SG7).

Hace como 50 años cuando llovía fuerte hasta los puentes se llevaba... Las lluvias antes eran muy fuertes, se deslavaban los cerros (SG19).

Además de las consecuencias negativas en sus bienes o en los de la comunidad, los campesinos reportaron que en el pasado las lluvias fuertes ocasionaban deslaves o la formación de barrancas.

Yo me acuerdo que antes aquí llovía parejo. Como que no había por temporal, yo me acuerdo cuando era yo chamaco [que] las barrancas [estaban] llenas de agua (SM3).

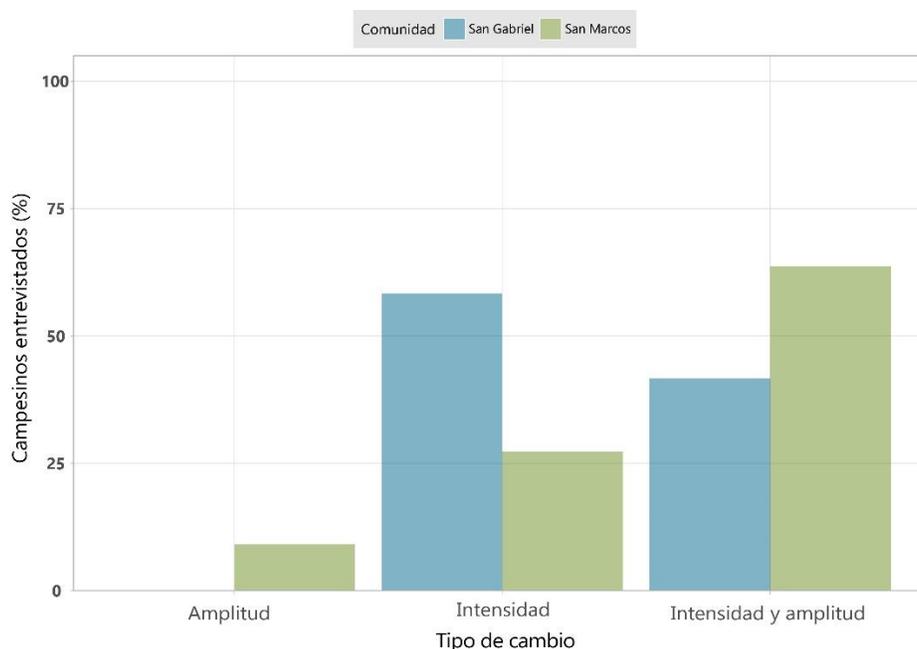


Figura 11. Porcentaje de personas que percibieron distintos tipos de cambios en la lluvia con base en el número de personas que respondieron haber percibido cambios en la lluvia de manera general ($N_{SG} = 12$, $N_{SM} = 11$).

Cuando les pregunté si la temporada de lluvias era la misma que en las décadas pasadas las respuestas fueron diversas. En SG las personas mencionaron que la temporada inicia en junio, mayo, julio, o agosto (72, 17, 6, y 6 %, respectivamente). Mientras que el fin de la temporada puede ser en diciembre, octubre, noviembre, septiembre o agosto (29, 24, 18, 12, y 6 %, respectivamente). En SM el inicio se reconoce en junio o mayo (79 y 21 %); y el término en noviembre o diciembre, o de enero hasta septiembre u octubre o febrero (29, 29, 14, 14, 7 y 7 % respectivamente). Sin embargo, hay una tendencia a sentir que en el pasado la temporada de lluvias era más extensa; aunque también hubo personas que no consideran que haya habido cambios (fig. 12).

Antes llovía parejo, aguaceros, todo el año. Ahora no, ahora el agua empieza en el mes de junio a más tardar. [Desde] Junio llueve hasta octubre, hasta noviembre [o] enero, nada más (SM3).

Antes llovía más, ahorita casi que ya no. Empezaba del mayo, y se cerraba todos los meses, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, hasta diciembre, son 8 meses lo que llovía. Se cierra todo. Ahora ya no, como que ya no quiere llover ahorita. Ahora [en] mayo empieza [y llueve] hasta junio... [La lluvia era] más fuerte, caía como granizo. No es granizo, es agua. Ahorita ya no es igual como antes... Yo estaba todavía chiquito cuando llovía así, como que la milpa no crecía, agarraba como cenicilla, no sé qué enfermedad agarraba, ahora ya crece (SG9).

... No, llovía antes. El año 72, 74, el año 75 sí llovió mucho, sí llovió todo el año. Sí, antes sí llovía mucho, ahora ya no... Empieza de llueve a veces el 25 de mayo, si no llueve en mayo hasta junio, [y] acaba de diciembre o enero, a veces sí llueve en marzo. A veces llueve en la noche pues, en esta hora durante el día se pasa, no llueve mucho (SG12).

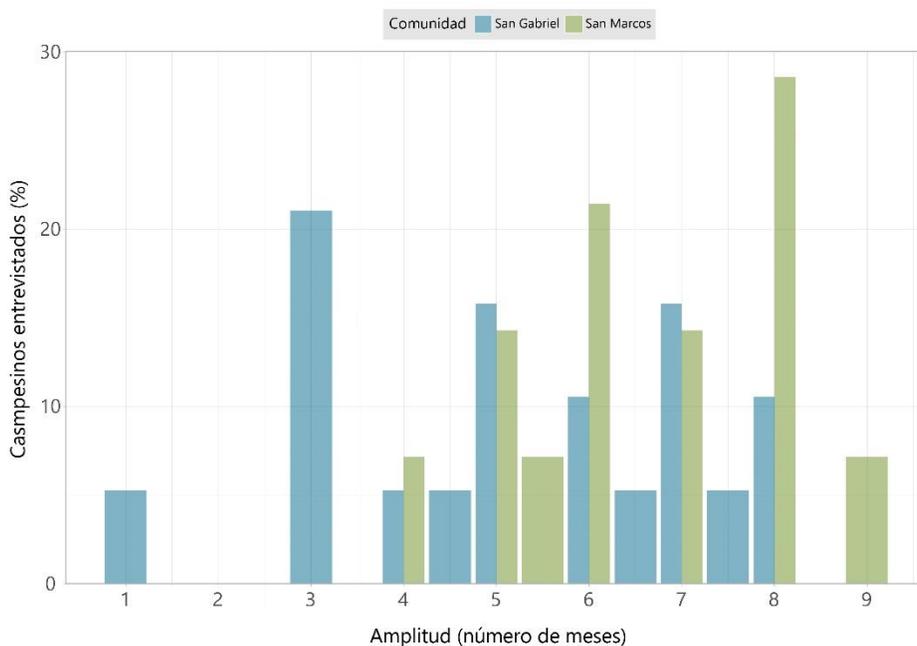


Figura 12. Porcentaje de citas por comunidad sobre el número de meses que dura la temporada de lluvias.

[La temporada de lluvia] Es de junio hasta noviembre me parece, bueno aquí llueve seguido, aunque ya no llueve fuerte, pero llueve lo que es diciembre, enero y a veces hasta marzo; aunque no esté fuerte. Las aguas fuertes eran en julio, agosto y septiembre y un poco de octubre, ya después pura niebla (SM11).

Hay campesinos que han percibido un incremento en la precipitación, la cual consideran benéfica porque les ha permitido cultivar algunas especies de manera menos riesgosa.

Ahora llueve, antes no llovía. Este mes llueve hasta el 12 de junio, todos los días está con mucho calor, abril, mayo, hasta junio viene el agua. Ahora ya no, [ya] cambió, ahorita no llueve, mañana o pasado otra vez llueve fuerte... Ahora ya no tanto, cuando antes sí, llueve todos los días, toda la noche. Como ahorita está haciendo calor, se puede llover al rato o mañana o pasado mañana (SM7).

Percepción de cambios en el viento

El viento fue la segunda variable climática más mencionada. Al menos la mitad de los campesinos entrevistados en cada comunidad mencionaron cambios en el viento. La gran mayoría de los campesinos dijeron que la intensidad de los vientos ha disminuido en comparación con el pasado. Adicionalmente algunas personas dijeron sentir que los vientos a veces vienen de las partes altas, y otras de las bajas; otros dijeron que no es posible conocer su recorrido.

No ahorita ya no, ya se cambió por que antes yo me acuerdo de esos, pero ahorita ya no se ha visto, [bueno] sí, pero a veces, o sea ya no se vuelan las casas, solamente las milpas (SM3).

Más antes casi casi seguido pasaba el viento. Me acuerdo bien que ya no podía prender lumbre para hacer tortillas, nomás conseguía pan, comíamos namás [sic] pan porque no podíamos hacer tortillas porque mucho viento es lo que hacía. Entonces ahorita ya no, sí pasa, pero nomás un rato, unas cinco horas, tarda como cinco horas en la noche o en el día, pero ya hasta ahí nomás. Antes era más fuerte, duraba un día o dos días (SM4).

El viento nunca se le encuentra su recorrido, puede que pegue por el norte, sur, oriente. A veces lo sientes que viene allá fuerte y luego regresa de nuevo para acá, entonces no se ve

por dónde viene... No, eran más fuertes antes, ahorita ya no tanto... ponle unos 20 ó 30 años [que dejaron de ser tan fuertes] (SM2).

De acuerdo con los campesinos el viento es un fenómeno meteorológico muy peligroso. Su importancia se basa en el potencial destructor que tiene sobre las milpas. Estos vientos usualmente llegan en el mes de septiembre, y pueden tirar las plantas de maíz. Lo anterior provoca que se detenga su crecimiento y aborten la producción de las mazorcas, dando lugar a un fenómeno conocido como “*acame*”.

Cuando pega mucho el aire la milpa toda la tira. Cuando apenas viene el xilote ya no da, [y] cuando se viene el sol se seca [la milpa] ... Si no viene el aire sí da mucho, si viene el aire ya no da mucho, poco (SM7).

Aquí más que nada es por el viento, el maíz se pierde por el viento... Sí, hemos perdido [maíz]. Lo que pasa es que también nosotros no sembramos a tiempo. Si sembramos a tiempo, aunque se espere el maíz se da a tiempo. Aunque venga el agua [la planta] ya está toda labrada ya tiene su tierra y ya no se cae tan fácil. O bien, si se cae ya tiene sus elotes, pero si nosotros nos esperamos hasta que llueva y sembramos, entonces nos agarra el aire [y] lo tira sin xilote y así ya no nos da nada (SM11).

Una persona incluso mencionó que el origen del viento en otras comunidades se debe a un sitio parecido a una cueva en las partes bajas al norte del municipio.

[El viento] sigue igual... No sabemos [en] dónde sale, porque ese viento tiene un hoyo [de] donde sale. Me enseñaron que por allá abajo, casi en Tlacotepec, ahí me enseñaron que ahí sale el aire fuerte. Pero aquí no sé a dónde, quizá sale de otro lado (SG8).

Las memorias de los campesinos dejan ver el tipo de acciones que realizaban en el pasado para disminuir los riesgos cuando los vientos eran demasiado fuertes.

A veces ya no dormían adentro porque tenían miedo que se les viniera a caer encima. Tenían huecos de troncos, o algo así, preparados también ellos cuando hacía mucho aire se salían, durmían [sic] mejor afuera (SG11).

Finalmente, hay quienes mencionan una asociación entre los cambios en la apertura de las carreteras, el uso de los fertilizantes, la susceptibilidad de la milpa al viento, y el cambio en los patrones de consumo.

Antes era menos fuerte... A veces pasa nomás unos 10 ó 20 metros [y] va tirando toda la milpa, y a veces todo, y antes no. Bueno, yo creo que sí, siempre hacía desde antes, pero antes no le echaban fertilizante, con puro [fertilizante] orgánica [sic] entonces la milpa no crecía. Y ahorita llegaron los carros, [y] se abrió la carretera, entonces llega la gallinaza, llegan los fertilizantes entonces lo abonan bien ¡No, la milpa crece! (SM4).

Dice que a veces de hambre mejor nos echábamos un trago, qué cosa vas a comer, no había por el viento y todo eso. Aquí teníamos ganado, teníamos borregos, pero [a] quién [le vas a] vender, dice no había dinero, no hay dinero... Pero cuando ya se abrió la carretera en Coyo entonces ya empezó a subir la gente de la ciudad, llegaba o bajaban el ganado hasta aquí en Cozca, entonces hasta allá llegaban a vender a lo mejor un guajolote o un pollo. Y ya traían su azúcar, entonces ya conocieron el café, el té, el chile de bote, el galletas [sic], [los] dulces, les traían a su familia... De ahí subían [y] llegaban a comprar maíz en Cozca. No mucho maíz, apenas les alcanzaba cuatro maquilas, cinco maquilas [5 kg es una maquila] (SG11).

Percepción de cambios en la temperatura

Con respecto a la temperatura pocas personas identificaron cambios en la temporada de frío, pero también en la intensidad del calor. Aun así, las pocas menciones sobre estos cambios no reflejan un patrón.

Antes casi había más calor, pero ahorita casi los meses como que estamos en diciembre, casi viene parejo, como ahorita ya está haciendo frío y no estamos en diciembre. Antes no era así, antes solamente en diciembre... Bueno [el] calor] ya se cambió porque antes no se sentía casi, pero no ahorita cuando se limpia bonito cómo se siente el calor, calor como que nadamás nos quema. Porque por Veracruz hay como bochorno, pero aquí como que namás nos quema, ese calor como fuerte antes no así era (SM3).

... han cambiado, porque antes hacía menos calor, aquí casi no hacía calor, pero ahorita hace mucho calor. Hace como 10 años [que cambió] (SM11).

Datos meteorológicos históricos

La estación meteorológica de Zoquitlán se encuentra en al norte del municipio de Coyomeapan, y aproximadamente a 11 km de las comunidades de estudio. Esta estación ha registrado los datos diarios de precipitación (mm), temperatura máxima, y temperatura mínima (°C) desde el año 1953 hasta el 2016. Después de remover los registros de los años incompletos obtuve un total de 49 años con datos de precipitación, y 53 años para temperatura máxima y temperatura mínima.

Los registros históricos muestran que en esta zona la lluvia es abundante con una precipitación promedio anual en 49 años de 1712 ± 780 mm totales/año (fig. 13). Considerando la cantidad total de lluvia que cae al año, hasta el primer cuantil de los datos es relativamente húmedo (1108 ± 193 mm promedio totales/año). En esta zona la lluvia se encuentra distribuida a lo largo del año, de tal forma que usualmente todos los meses tienen al menos un día de lluvia (fig. 14a). La precipitación se concentra en los meses de verano y parte del otoño; mas la humedad puede persistir en forma de niebla o lluvias ligeras hasta el primer tercio del próximo año (fig. 14a).

Al observar el comportamiento de los años destacados por la gente en las entrevistas dentro de los registros de precipitación, encontré que en su mayoría estos son años con valores extremos (fig. 13). Con excepción del 2002, que fue el año más seco del intervalo, el

resto de los años mencionados tuvieron una cantidad similar de días de lluvia (fig. 14). No obstante, la magnitud de la lluvia difiere de forma importante entre los meses; y con ella la cantidad de agua que se pierde del sistema mediante la evapotranspiración (fig. 14b).

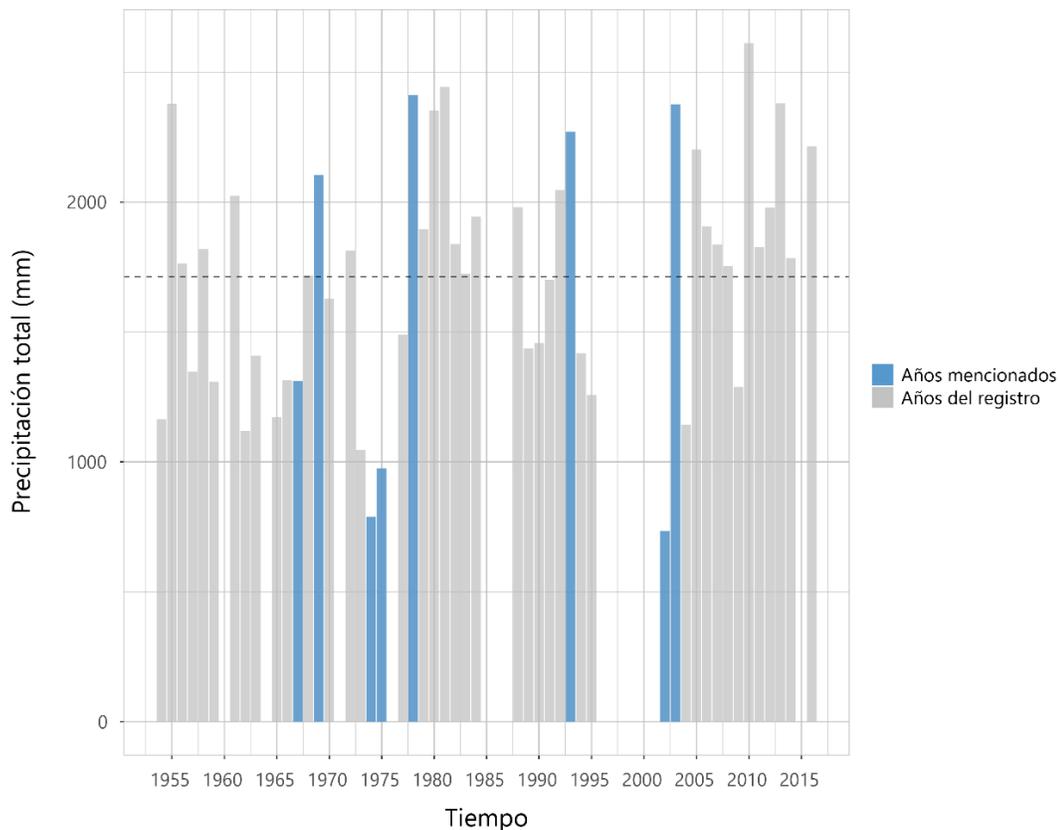


Figura 13. Precipitación total anual a lo largo del intervalo de 49 años del registro climático. La línea punteada horizontal representa el valor promedio del total de la precipitación de todo el intervalo. Las barras azules representan los años mencionados.

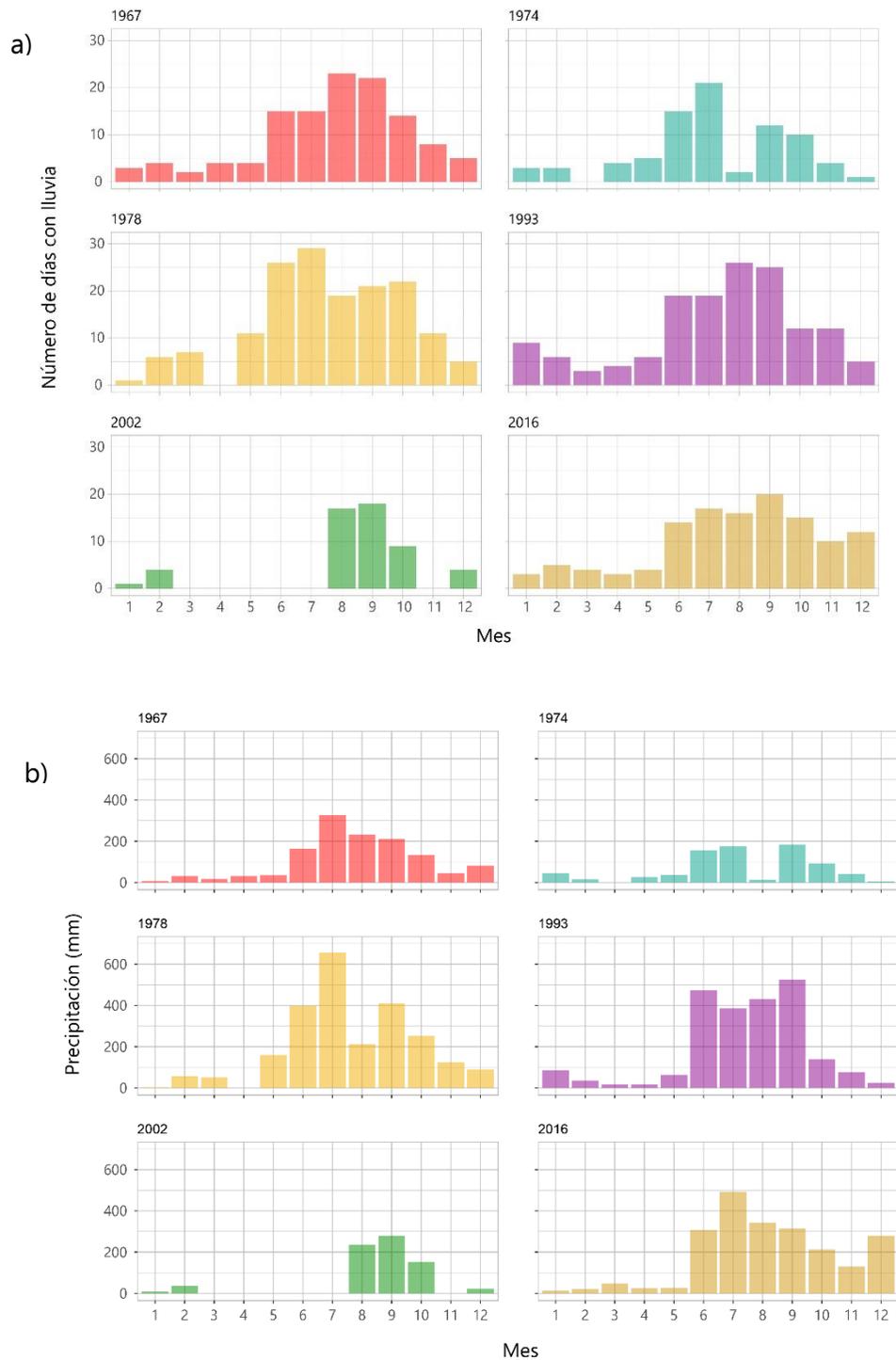


Figura 14. Años mencionados por los entrevistados en las entrevistas. a) número de días con lluvia (mm > 0 en el registro); y b) precipitación mensual acumulada.

Los registros de la temperatura para el intervalo de 53 años mostraron que en promedio la temperatura máxima ha sido de $19.8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2.8\text{ }^{\circ}\text{C}$; mientras que la temperatura

mínima ha sido de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Derivada de éstas, la temperatura promedio ha sido de $14.9 \pm 1.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Si bien la variabilidad es inherente a dichas medidas, en la última parte del intervalo (2008 a 2013) hubo un descenso importante en la temperatura máxima, aunque no se aprecia lo mismo en la temperatura mínima (fig. 15).

Las evapotranspiraciones mensuales de los años mencionados en las entrevistas muestran la cantidad de agua que se pierde del sistema, y que deja de estar disponible para las milpas y otros cultivos (fig. 16). La evapotranspiración es mayor en los meses previos a la temporada de lluvias, y disminuye drásticamente cuando éstas empiezan. El comportamiento de los años mencionados muestra que la evapotranspiración fue mayor en dos de ellos en la mayor parte del año con respecto al promedio de todo el intervalo (fig. 15 y fig. 16). Incluso en los años con menor evapotranspiración se mantuvo el patrón antes mencionado.

Debido a que la estación meteorológica no posee los instrumentos para medir el viento, no fue posible obtener datos de los cambios históricos en el viento.

Cambios en el manejo de la milpa relacionados con características socioeconómicas y la percepción de cambios climáticos

La selección de los modelos para evaluar la relación entre la percepción y las variables socioeconómicas se realizó a partir del modelo saturado con siete variables socioeconómicas y de manejo como efectos fijos, y la pertenencia a la localidad como un efecto aleatorio. El modelo final (mod20, anexo 2 contiene la lista completa de modelos) retuvo el número de plantas manejadas, el número de terrenos en las partes intermedias, y el número de terrenos en las partes bajas (cuadro 3).

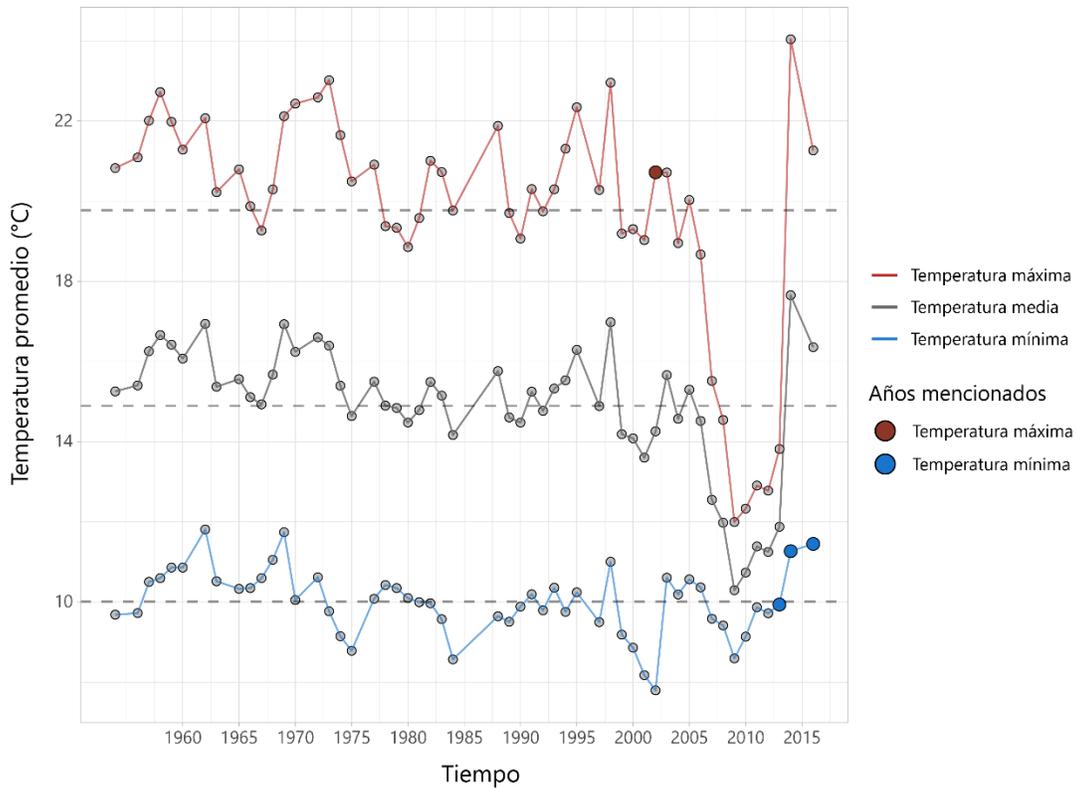


Figura 15. Variabilidad de la temperatura máxima, media, y mínima a lo largo del intervalo de 53 años del registro climático. La línea punteada representa el valor promedio de su respectiva variable.

A pesar de ser el mejor modelo los coeficientes de los parámetros no fueron “significativos”. Lo anterior se nota en los valores de t menores o mayores a -2 y 2 , respectivamente; y que los coeficientes de las variables estimadas se encuentran dentro del 95 % del intervalo de confianza. Esto sugiere que el efecto (la pendiente) de estas variables no puede distinguirse de lo que se esperaría por el azar. Para el caso de la modelación de la varianza, la pertenencia a la comunidad no explica mucha variación (cuadro 3). Por lo tanto, estos modelos no arrojan evidencia que sugiera que estas variables socioeconómicas influyan en los cambios en el índice de percepción.

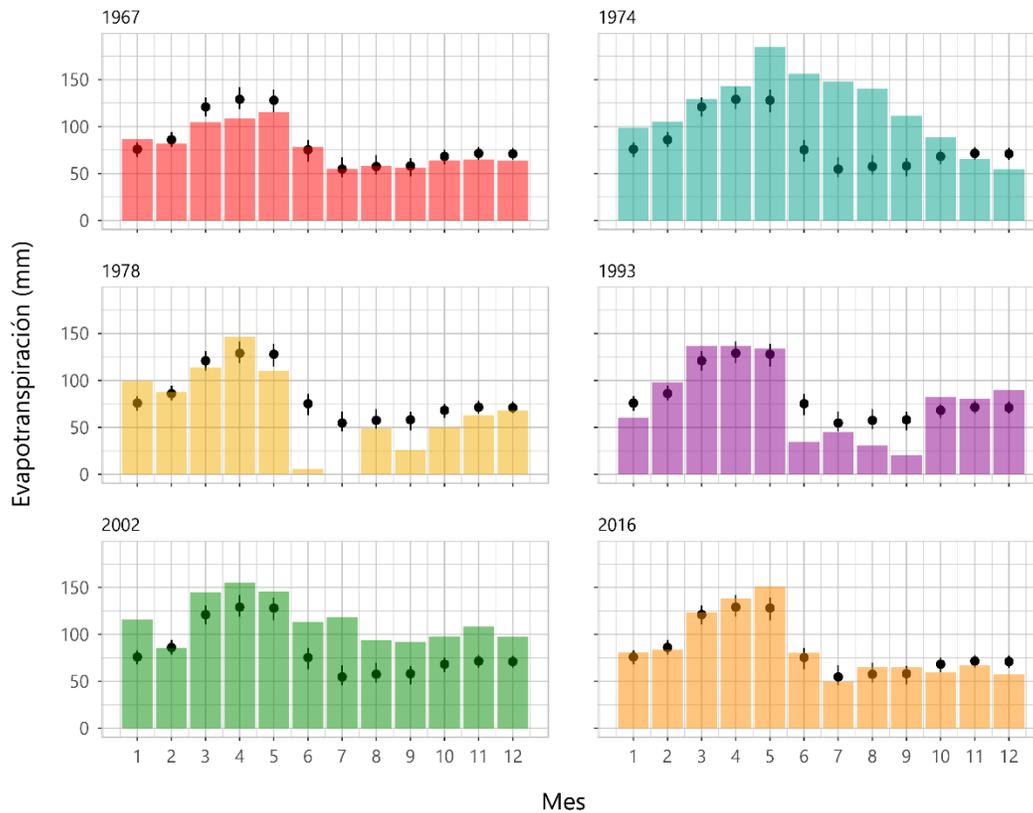


Figura 16. Evapotranspiraciones mensuales para algunos de los años mencionados en las entrevistas. Los puntos negros con barras representan las evapotranspiraciones promedio mensuales para el intervalo de 49 años (1954 – 2016). Las barras asociadas a los promedios representan los intervalos de confianza calculados al 95 %.

Los resultados de la regresión logística que usé para probar la relación entre la percepción (a través del índice de percepción) y el cambio en el manejo de las milpas fue significativa ($p = 0.08$). Esto sugiere una relación positiva entre el índice de percepción y la probabilidad de realizar un cambio en el manejo de sus sistemas (cuadro 4 y fig. 17). Los coeficientes, se encuentran transformados por la función *logit*; por lo que al realizar la transformación inversa se puede conocer el efecto en términos de la probabilidad. Con base en el modelo, el efecto en la probabilidad de realizar un cambio, por cada aumento en el índice de percepción es igual a 0.93.

Cuadro 3. Coeficientes y variación de las estimaciones para las variables del modelo final. Para los modelos de efectos mixtos es posible, pero no recomendable, usar los valores de p como un referente para decidir sobre la selección de los modelos. Por lo tanto, se usaron los intervalos de confianza calculados mediante la modelación no paramétrica a través de *bootstraps* ($n = 10,000$).

Efectos fijos				
Variable	Coeficiente	Error estándar	Valor de t	Intervalo de confianza
				2.5 % - 97.5 %
Intercepto	1.3304	0.3886	3.424	0.5610 - 2.1133
Plantas manejadas	-0.0285	0.0394	-0.722	- 0.1058 - 0.0494
Terrenos altitud media	0.2301	0.2364	0.973	- 0.2355 - 0.6940
Terrenos altitud baja	0.5020	0.2699	1.860	- 0.04251 - 1.0502
Efectos aleatorios (modelación de la varianza)				
Grupos	Nombre	Varianza	Error estándar	Intervalo de confianza
				2.5 % - 97.5 %
Comunidad	Intercepto	0.0288	0.1697	0 - 0.3259
Residuos		0.1891	0.4349	0.2895 - 0.5188

Cuadro 4. Resultados de la regresión logística entre el índice de percepción global y la probabilidad de cambio de manejo. Ambas medidas fueron obtenidas de los resultados de la entrevista.

Variable	Coeficiente	Error estándar	Valor de z	P
Intercepto	-3.294	1.464	- 2.250	0.0245 *

* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$

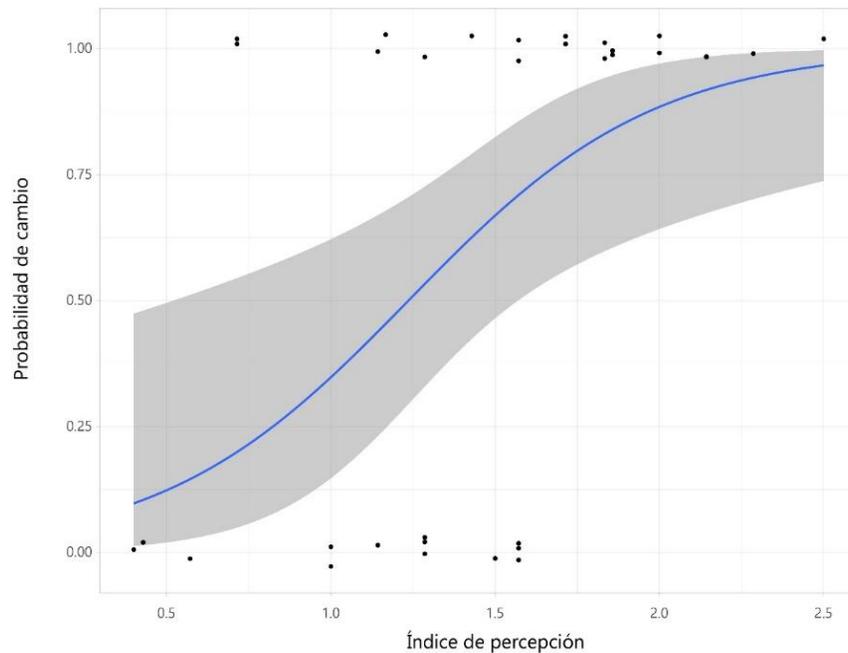


Figura 17. La regresión logística muestra un cambio positivo en la probabilidad de cambiar la fecha de siembra, incorporar nuevas especies en las milpas en función de la percepción de cambios en los indicadores climáticos como la lluvia, la temperatura, el viento, o las plagas.

Discusión

La región del Valle de Tehuacán es una zona con una gran historia biocultural reflejada en los conocimientos sobre el manejo del ambiente por parte de sus pobladores (Larios, *et al.*, 2013; Vallejo-Ramos *et al.*, 2016; Vallejo *et al.*, 2014). En las partes altas de esta zona las comunidades como San Gabriel Vista Hermosa y San Marcos Tlatalkilotl son un ejemplo de ambientes rurales en los que conviven las prácticas tradicionales con prácticas o técnicas modernas. En estas comunidades el sistema milpa es el más representado. Su dinámica se

caracteriza porque la producción está destinada al autoconsumo; los excedentes pueden ser comercializados; y son sistemas de baja intensidad y pocos insumos agrícolas. Lo anterior es congruente con el patrón reportado por Vallejo *et al.* (2016) para la región.

Percepción de la variabilidad climática y su relación con el registro climático

Los campesinos mencionaron con mayor frecuencia cambios en la lluvia, después en el viento, y finalmente en la temperatura. La percepción de cambios en la lluvia y la temperatura son los principales indicadores citados en la gran mayoría de los artículos sobre percepción al cambio climático en el mundo (Karki *et al.*, 2019; Savo *et al.*, 2016). La predominancia de la percepción de la lluvia no es sorprendente, ya que esta variable marca los ritmos del trabajo de la región. La cantidad, la longitud de la temporada, y la variabilidad de la lluvia también son mencionadas de forma constante en distintas regiones (Abid *et al.*, 2016; Tesfahunegn *et al.*, 2016).

La comparación de los calendarios estacionales con los registros meteorológicos revela su congruencia con la distribución mensual del número de días con lluvia, su intensidad y la evapotranspiración; ya que es a partir de mayo que los días de lluvia aumentan, y la evapotranspiración decrece (fig. 14b y 16). Por otro lado, el maíz amarillo se siembra desde marzo, y aunque la evapotranspiración no ha disminuido, se siembra antes para permitir que el maíz madure antes de las heladas. Lo anterior es una estrategia usada para manejar del riesgo con base en el cálculo de la longitud de la temporada de lluvia (Bellon, 1991; Eakin, 2001). Estos resultados son similares a lo que encontraron Sánchez-Cortés y Lazos-Chavero (2011) entre los zoques de Chiapas, quienes mencionaron que han modificado su calendario de manera para reducir el tiempo en el que las semillas se encuentran en el suelo esperando las lluvias.

Las entrevistas revelaron una gran variación de la percepción que tienen sobre la amplitud de la temporada de lluvias entre los campesinos de una misma comunidad, y entre las comunidades. Mis datos muestran que hay un consenso entre los campesinos de las dos comunidades sobre el inicio de la temporada de lluvias, pero no sobre su final. Este consenso puede explicarse considerando todos los preparativos — como el barbecho — que realizan

los campesinos para empezar la siembra; reflejado también en la atención de los campesinos zoches. Lo anterior, aprendido en la infancia y repetido cada año, es probablemente una de las actividades a través de la cual los campesinos han desarrollado más conocimientos. Una explicación sobre la variación en la percepción de la amplitud de la temporada de lluvias radica en el planteamiento mismo de la pregunta. Durante el diseño de la entrevista se presentaron algunos conceptos, y es posible que para los campesinos entrevistados el significado de la temporada de lluvias sea distinto. Hay que recordar que en estas comunidades la estacionalidad no es tan marcada, y que es común que llueva en todos los meses. Entonces es posible que los resultados a esta pregunta estén reflejando las distintas formas de entender la temporada de lluvias. Por lo tanto, aquellas personas que consideran que la temporada dura pocos meses están pensando en los meses más lluviosos. En contraste, quienes mencionaron más meses tal vez consideran que la temporada húmeda se extiende hasta los meses en los que hay más niebla y menos lluvia.

Las menciones de los cambios en los patrones de la lluvia de los años que la gente mencionó coinciden con valores extremos del intervalo de años analizado (fig. 13). Es interesante que con excepción de 1967 y 1993, los años que la gente mencionados presentaron efectos del fenómeno de El Niño (1969, 1978, 2002, y 2003) o de La Niña (1974 y 1975) (Climate Prediction Center Internet Team, 2019). De hecho, 2002 fue el año más seco del intervalo; y de acuerdo con los registros del NOAA, en ese año las anomalías asociadas con El Niño en el Pacífico se mantuvieron desde mayo hasta inicios del 2003.

En contraste con estudios en otras regiones más secas, pocos campesinos de SG y SM percibieron cambios en la temperatura. El registro histórico nos deja ver que en efecto entre los años 2008 al 2013 la temperatura máxima disminuyó drásticamente; aunque no se observa algún patrón en la temperatura mínima que podría influir sobre las heladas y sus efectos sobre el maíz y el chile canario principalmente.

Para el caso del viento, no fue posible hacer un contraste con el registro histórico. A pesar de eso su importancia se refleja en la cantidad de menciones. Esto se explica porque el viento es capaz de tirar las plantas de maíz, llegando a ocasionar una pérdida total en algunas ocasiones. El viento además puede ser el catalizador de procesos como la migración en busca de trabajo, ya que el maíz es fundamental para la dieta y subsistencia de las familias

a lo largo del año. De tal forma que para compensar las pérdidas los campesinos buscan alternativas que van desde: trabajar en conjunto con otros campesinos y dividirse la cosecha; emplearse como constructores en otras comunidades o en la ciudad de Tehuacán; o vender la cosecha de otros cultivos. La pérdida del maíz de forma constante puede orientar a los campesinos a reducir el área de siembra destinada al maíz en favor de otras especies (SM4).

Los cambios en el viento, así como sus impactos destructivos han sido reportados en otros sitios como Ghana, el Pacífico tropical, o el Ártico norteamericano (Savo et al., 2016; Tschakert *et al.*, 2013). Sin embargo, estos reportes son incongruentes con las percepciones de la disminución en la intensidad del viento en SG y SM. La importancia del viento es reconocida en otras poblaciones en el país. No obstante, en otras comunidades los efectos negativos del viento pueden ser manejados previamente mediante la elección del tipo de maíz que se sembrará. Bellon (1991) menciona cómo los campesinos chiapanecos evalúan el uso de determinadas variedades de maíz en función de su resistencia al viento. Lo anterior los ha llevado a incorporar variedades comerciales híbridas de talla pequeña y tallo grueso, lo que disminuye su susceptibilidad al viento; aun cuando dichas variedades no se desempeñen tan bien como las tradicionales.

Mis resultados arrojan información sobre cómo la memoria de los campesinos permite identificar años que fueron importantes por la cantidad de lluvia (años muy húmedos o muy secos) principalmente. Aunque nosotros no calculamos las tendencias de cambio, nuestros resultados de percepción por parte de los campesinos nahuas son similares a lo encontrado por Fernández-Llamazares *et al.* (2017) y Sánchez-Cortés y Lazos-Chavero (2011). Los primeros encontraron que las percepciones de los Tsimané' indican: menor cantidad de lluvia en la temporada húmeda; aumento en la temperatura; que los períodos de sequía son más largos, y que los frentes fríos son más frecuentes. Además, estas percepciones son congruentes con las tendencias de cambio para los registros locales. Por su parte las segundas autoras reportaron que las percepciones zoques refieren para la lluvia: menor duración de la temporada de lluvias; menor cantidad de lluvia; mayor variación estacional. Mientras que para la temperatura los campesinos zoques mencionaron: menos frío; mayor temperatura; menos heladas. Al igual que en este trabajo, las percepciones de cambios en la lluvia y en la temperatura fueron congruentes con las tendencias de cambio en los registros locales para una de las 3 comunidades en las que trabajaron.

Los reportes sobre los cambios en la presencia de plagas, enfermedades, el comportamiento de los animales o la fenología de las plantas no mostraron estar relacionados con los cambios percibidos por los campesinos: En su lugar, los campesinos relacionaron cambios en estos indicadores con la deforestación, el uso de fertilizantes, o simplemente dijeron los cambios son normales. Lo anterior contrasta con percepciones en donde las enfermedades y las plagas se asocian con las sequías y las altas temperaturas (Abid et al., 2016). Otros cambios biológicos como el aumento de la producción y calidad de los cultivos, que han sido indicadores de cambio climático en otros estudios, parece que están más relacionados con el uso de fertilizantes.

Los resultados de las entrevistas muestran que las personas en ambas comunidades indudablemente perciben cambios en la lluvia y en el viento principalmente, lo que confirma la primera hipótesis y responde la primera pregunta de esta investigación. Además, las percepciones del cambio en la cantidad de la lluvia son congruentes con los registros climáticos locales y con los reportes de otros estudios en el mundo.

Perspectivas sobre la percepción ambiental y el proceso de percepción campesina

La percepción del clima por parte de los campesinos puede explicarse desde los planteamientos de la etnoecología, en donde la observación del entorno por parte de los actores-campesinos es lo que ha permitido el desarrollo de los saberes ecológicos tradicionales. Estos saberes, a su vez, han permitido el desarrollo de un complejo de conocimientos, creencias, y prácticas definido por Berkes *et al.* (2000); y por Toledo y Barrera-Bassols (2009) como el complejo k-c-p (*kosmos, corpus, y praxis*). Dicho complejo se transmite de generación en generación, y conlleva un proceso de refinamiento que destila, en principio, las prácticas mal-adaptativas, aunque esto puede no ocurrir debido a diversos procesos socioeconómicos y ambientales que alteran esta transmisión. El proceso resulta en la progresiva acumulación de los conocimientos que, integrados en imágenes o representaciones mentales, fungen como la base de las decisiones y particularidades de las prácticas de manejo tradicionales (Bellon, 1991; Toledo y Barrera-Bassols, 2009).

De manera alterna el desarrollo de Ingold busca ir más allá de la dualidad entre la naturaleza y la sociedad y entre cuerpo y mente, que han sido el cimiento del pensamiento científico occidental. Para ello es necesario abandonar la idea de *la naturaleza*, que se ha conceptualizado como ese escenario en el que se encuentran elementos no humanos, se desarrollan las vidas de los organismos no humanos y los procesos ecosistémicos de forma independiente a la esfera humana y a su historia (T. Ingold, 2000). En su lugar, se propone enfatizar el desarrollo como el proceso mediante el cual tanto los individuos construyen su ambiente, y a sí mismos. Mediante sus acciones e interacciones los organismos constantemente se están autodefiniendo o produciendo, lo que conlleva la constante producción de su ambiente (T. Ingold, 2000, 2011). Esta construcción o producción del ambiente es el resultado de las relaciones entre los elementos de los ambientes a través del tiempo, por lo que las relaciones son esencialmente históricas. Finalmente, Ingold propone que es a través de dichas relaciones por el cual las personas integran el conocimiento. Dicha integración no se realiza por una transmisión generacional en forma de instrucciones incorporadas en una forma escolarizada, sino por una reproducción desde la experiencia propia que refina las capacidades individuales para interactuar con su ambiente.

La propuesta de Lave y Wenger (2000) me parece que brinda recursos para pensar en cómo, mediante la construcción continua del organismo-persona (*sensu* Ingold), que en este caso son los campesinos, construyen su ambiente por medio de sus relaciones sociales y sus actividades agrícolas (sus relaciones ecológicas). Para el caso de este estudio podemos suponer que la comunidad de práctica corresponde a los campesinos experimentados, sus relaciones con el suelo, las plantas, los procesos meteorológicos, y las relaciones económicas relacionadas con la milpa. Las entrevistas revelaron que los campesinos comienzan a incorporarse a las actividades agrícolas desde muy temprana edad, y que son sus padres los que generalmente los incorporan a los trabajos. Podemos suponer que la paulatina incorporación de los niños a las actividades agrícolas de la comunidad de práctica sea un ejemplo de la *participación periférica legítima* de Lave y Wenger. Entonces, dicha participación les puede brindar las herramientas, tanto tecnológicas como ecológicas (esto es, los insertan en el campo de relaciones con el suelo, las plantas, animales, flujos económicos, y los factores como la lluvia, las heladas, vientos, etc.) para desarrollar sus habilidades, incluyendo su percepción climática.

¿Cómo entender entonces la percepción climática en el contexto de este estudio con base en estos enfoques? Los resultados del análisis del discurso sugieren que el proceso de percepción está vinculado con las actividades agrícolas reguladas por el calendario estacional, y con los cambios en el paisaje. Mucho de lo que recuerdan los campesinos está vinculado a lo que hacían o dejaban de hacer en su día a día como una consecuencia de la variación del tiempo. La interrupción del trabajo por la intensidad de la lluvia durante el día, el desempeño pobre del maíz por la amplitud de la temporada de lluvias, o la pérdida de sus viviendas por culpa del viento son algunos ejemplos de los eventos expresados por las personas cuando describen su relación con el clima en el pasado. Por otro lado, los deslaves, el establecimiento de vegetación en las barrancas, o que éstas ya no se llenen, también han sido usados como indicadores de cambio en la intensidad del viento y la lluvia. La relación entre las actividades productivas con la percepción de cambios en el clima también se ha reportado en otras regiones. Por ejemplo Abid *et al.* (2016) reportan que en Pakistán los hogares de la provincia de Punjab las familias percibieron cambios en el clima tales como la temperatura máxima, mínima, enfermedades del ganado o humanos, plagas y sequías o lluvias intensas. Estos cambios, reportan los autores, se relacionan con el desempeño de los cultivos, con la erosión de los suelos, y con el trabajo en las granjas.

Estos resultados parecen ser congruentes con el proceso-habilidad de percepción desde la perspectiva de Ingold. Algunas expresiones de las personas sugieren que la percepción del entorno por parte de los campesinos está ligada con la construcción del ambiente. Esta construcción se relaciona con cambio socioeconómicos externos a la comunidad, y pueden modificar los elementos del ambiente que la gente usa para estimar cambios en el clima tales como los materiales de construcción, las especies de plantas que se manejan y comercian, o el uso de fertilizante. Al construir casas de materiales más resistentes su percepción sobre la intensidad del viento cambia, pues ya no es común que sus casas sean destruidas por este fenómeno. De igual forma, el uso de fertilizantes influye en la velocidad de crecimiento del maíz, en la fortaleza de las plantas y en la cantidad de mazorca que producen; lo que puede exponer a las plantas al viento, algo que Bellon (1991) también reporta. Por otro lado, las personas mencionaron que la calidad del maíz mejoró gracias al fertilizante, lo que se observa en el tamaño de las mazorcas. Sin embargo, también expresaron su preocupación pues dijeron que el maíz ya no producía si no usaban

fertilizante. Los aumentos en la producción y la calidad de los cultivos han sido reportadas en otras partes del mundo como indicadores de cambio en la variabilidad climática por parte de otras comunidades (Savo *et al.*, 2016). En Pakistán, Abid *et al.* (2016) reportan que en varias regiones la escasez de agua ha influido negativamente en la producción de varios cultivos importantes como el trigo, maíz, arroz, algodón, y caña. De manera similar, en Etiopía los cambios en la lluvia y temperatura han influido en la aparición de enfermedades, plagas, y la producción de las cosechas.

Esta preocupación por sus casas y cultivos parece que sigue, al menos hasta cierto punto, el modelo de Grothmann y Patt (2005); en el que la decisión de realizar acciones de adaptación resultan de evaluar los impactos climáticos sobre los bienes.

De manera complementaria los resultados de los modelos de efectos mixtos sugieren que las variables socioeconómicas como la edad, el nivel educativo, o las rutas migratorias que han experimentado no explican los cambios en el índice de percepción. Tampoco la localidad de origen (establecida como un factor aleatorio) ayudó a entender la variabilidad en el índice de percepción. Las variables que constituyeron el mejor modelo fueron el número de plantas manejadas, el número de terrenos de cultivo que poseían las altitudes intermedias, y el número de terrenos de su propiedad en altitudes bajas. Este modelo sugiere que la posesión de terrenos en las partes bajas e intermedias explica los cambios en el índice de percepción. Lo anterior podría implicar que las personas con terrenos en todo el gradiente tienen un marco de referencia más amplio sobre la variación climática al tener más experiencia en el manejo. La relación entre la percepción y el conocimiento del manejo de los sistemas productivos ha sido probada en otros estudios, en donde la experiencia de manejar el suelo y el agua en sistemas de temporal influye sobre la percepción a cambios en el clima (Teshahunegn *et al.*, 2016)

Cambios en el manejo como respuesta a la percepción

La regresión logística que predice la probabilidad de realizar un cambio en el manejo (definido como que una persona realice cambios en la fecha de siembra o cambios en las

especies que usa) y el índice de percepción fue significativa (percepción = 2.7, $p = 0.008$). Este resultado sugiere que la probabilidad de que los campesinos hagan cambios en la fecha de siembra, incorporen nuevas especies, usen el riego, o pesticidas está relacionada con que la gente perciba o no cambios en la amplitud temporada de lluvias, cambios en la temperatura, en la intensidad del viento, o cambios en la presencia de plagas. Sin embargo, el modelo parece no ser tan bueno si consideramos el error asociado (fig. 17). Adicionalmente, es importante reconocer que la variable de respuesta, o sea el cambio en el manejo, considera cuatro variables que en realidad pueden cambiar debido a factores muy diversos. Algunas relaciones, como el cambio en la fecha de la siembra, sí pueden estar vinculados con la percepción anual de la lluvia; mientras que la incorporación de nuevas especies obedece las dinámicas de los mercados regionales; y otros más dependen de la mera disponibilidad de algún recurso, tal como el uso del riego. Similarmente, se puede discutir la selección de las variables que constituyen el índice de percepción. Si bien me basé en las variables planteadas por estudios a escala global y local (Phuoc *et al.*, 2016; Rivero-romero *et al.*, 2016; Savo *et al.*, 2016), es posible que el índice fuese más representativo al dejar afuera la fecha de siembra. Lo anterior se fundamenta en que dicha variable está vinculada con la ubicación altitudinal del campo y del apego a las tradiciones, lo que puede enmascarar el efecto de la percepción climática. Por tales razones considero que los resultados obtenidos de la regresión deben de ser tomados como una aproximación general; y que mediante un análisis más fino podríamos deshebrar la madeja y entender las relaciones entre estos cambios en el manejo con mayor claridad. En su momento consideré usar una regresión multinomial, en la que es posible modelar la probabilidad de múltiples eventos (en este caso los distintos cambios en el manejo) en función del índice de percepción, o por la respuesta codificada de las preguntas. Sin embargo, esto requería una muestra más grande de la que tengo. Una aproximación distinta sería un análisis de correspondencias, en el que podamos probar la independencia entre los tipos de cambios en el manejo y los cambios meteorológicos percibidos.

A pesar de sus limitaciones, estos resultados pueden ayudar a entender algunas relaciones entre la percepción y los aspectos socioeconómicos. No obstante, considero que aproximarnos a entender la percepción desde el enfoque de la modelación requiere un diseño experimental más detallado que permita aprovechar sus ventajas. Adicionalmente,

y esto es relevante para el análisis estadístico en general, es importante contar con datos suficientes. No sólo para que los modelos sean capaces de estimar mejor los efectos, esto es, explicar los fenómenos; sino para poder probar su capacidad predictora.

La regresión logística sugiere una relación entre el índice de percepción con el cambio del manejo. Sin embargo, al considerar el análisis del discurso me parece claro que los campesinos no respondieron de la forma que nuestra hipótesis predice. Esto es, la percepción de los cambios en la variabilidad climática no induce cambios en el manejo; al menos por ahora. Esto parecerá incongruente con la sección de resultados, pero en las próximas líneas espero dejar claro mi razonamiento.

La segunda hipótesis supone que los campesinos modifican el manejo de sus milpas con base en su percepción de los efectos del cambio de la variabilidad meteorológica. Si ésta fuese cierta, entonces se esperaría observar modificaciones en el manejo realizados de forma consciente, y como una respuesta directa, a la percepción en la variabilidad climática (Grothmann y Patt, 2005; Phuoc *et al.*, 2016). No obstante, los resultados muestran que, si bien las personas han percibido cambios en la variabilidad climática, las transformaciones en el manejo de sus milpas no parecen estar vinculados. En otros estudios las personas mencionan cambios en el calendario, cambios en la fecha de siembra, o en la elección de las especies sembradas como resultado de los cambios percibidos. (Abid *et al.*, 2016). En su lugar, las modificaciones en el manejo de las milpas en SG y SM obedecen a los cambios socioeconómicos a escala local y regional. Un ejemplo es el cultivo de nuevas especies como resultado de las relaciones con los mercados de Oaxaca y Tehuacán gracias a la apertura de las carreteras.

Lo anterior, aunque no apoya la hipótesis, sí nos permite repensar las dinámicas en términos de los ambientes vivos o *lived environments* de Ingold. Me explico: La apertura de las carreteras facilitó las relaciones comerciales con otros centros alejados, la incorporación de los fertilizantes y el transporte de materiales de construcción, entre otras cosas. Estos cambios permitieron en primer lugar incrementar el rendimiento del maíz, lo que ha permeado profundamente en el manejo y el pensamiento de los campesinos; la oportunidad de construir sus casas de materiales más resistentes; y para bien o para mal, el ingreso de nuevas especies (como el chile canario) que son más apreciadas en los circuitos comerciales.

Estas transformaciones influyen en la percepción ambiental mediante modificaciones de los elementos usados para estimar los cambios meteorológicos. Lo cual me parece que son un ejemplo del concomitante proceso de la construcción del ambiente y el refinamiento perceptual descrito por Ingold.

Estos procesos de construcción se pueden reflejar en los resultados de las entrevistas-taller, que revelaron que el cambio de uso del suelo fue el resultado de disputas entre las comunidades y del incremento de las familias en el área. Los resultados de este taller aportan información importante acerca de las transformaciones y producciones de estos ambientes. No obstante, no hay evidencia explícita que vincule los cambios históricos en el paisaje con los cambios en la lluvia o el viento identificados por los entrevistados.

El tipo de manejo que se realiza en estas comunidades se asemeja al reportado en estudios anteriores en el norte del estado de Puebla, también en comunidades nahuas. Evangelista (1999) reportó que en el municipio de Naupan (1700 m s.n.m.) el maíz también se siembra entre marzo y abril y se cosecha a finales de año. El maíz también se asocia con especies como las calabazas, frijoles, y otras especies herbáceas para dar lugar a la milpa. Cabe destacar que al igual que en SG y SM, en aquél momento, Evangelista reporta que el manejo del chile (serrano en lugar de manzano o canario en este estudio) como un cultivo introducido por medio de programas; y también reporta el aprecio que se le tiene por su valor económico. De manera similar Conde *et al.* (2006) reportan que la siembra de chile y jitomate en Tlaxcala puede aliviar parte de las necesidades de las familias, a la par que estos cultivos tienen un mejor precio en el mercado, por lo que pueden brindar apoyo económico..

Con respecto al manejo temporal, encontré que el calendario estacional fue distinto entre las comunidades y entre las personas. Lo anterior se puede entender por las diferencias en el número de terrenos o las capacidades de trabajo de cada familia, así como el acceso al riego.

Contrario a lo esperado, pocos campesinos mencionaron las cabañuelas como parte de su estrategia de manejo u otro tipo de sistema predictor meteorológico tradicional. Este resultado contrasta con los reportes en otras regiones y contextos ambientales del país. Por ejemplo, entre los nahuas de Guerrero, las cabañuelas hacen referencia a las propiedades predictoras de los primeros 12 días del año; en los cuales se observan aspectos como las lluvias y nubes, así como los vientos. Además, los seis días siguientes los campesinos

también consideran que cada media jornada proporciona información complementaria sobre el estado del tiempo por cada mes (Hémond y Goubinoff, 2016). En conjunto estos días brindan información sobre la cual se pueden planear las actividades de siembra.

A pesar de la cercanía de San Gabriel y San Marcos, las diferencias entre la temperatura y la humedad son suficientes para cambiar las fechas de siembra. No es sorprendente entonces que estas fechas difieran con regiones en donde las condiciones ambientales son más contrastantes. Los resultados de Hémond y Goubinoff (2016) mencionan que en Guerrero la siembra se realiza entre el 13 de junio (día de San Antonio) y el 24 de junio (día de San Juan Bautista); lo cual se explica por la marcada estacionalidad de la temporada de lluvias, que además es susceptible a retrasarse en comparación con otras regiones. Estas autoras resaltan, además, la relación entre el calendario católico con las prácticas agrícolas; las cuales además están impregnadas de un simbolismo ritual que se deriva de las tradiciones indígenas y las católicas. En Chiapas los campesinos zoque cambian la fecha de siembra en función de la lluvia, la raza de maíz, y las diferencias en la temperatura asociadas con la altitud (Sánchez-Cortés y Lazos-Chavero, 2011). Resulta interesante, empero, que las pautas lunares para las actividades agrícolas ya no sean un referente para los zoques contemporáneos.

La siembra en los casos de Guerrero y Chiapas difieren con la flexibilidad de las fechas de siembra de las comunidades de estudio; en las que desde marzo hasta julio es posible sembrar el maíz. También, para el caso de Guerrero, hay un contraste con la aparente ausencia de un vínculo entre las prácticas agrícolas y las fiestas patronales. Este resultado puede deberse al diseño del estudio, ya que la entrevista no contempló dichas interacciones desde un inicio. A pesar de esto, cuando indagué directamente sobre la relación entre las prácticas de manejo de la milpa y las fiestas religiosas, hubo pocos campesinos que mencionaron fiestas o fechas importantes en el calendario católico. Sólo una persona mencionó el día de la Santa Cruz; mientras que otra dijo que “los santos son poderosos” (SG11).

Los efectos de las dinámicas económicas regionales resultaron ser un factor influye sobre la composición de los campos de cultivos. Los resultados de las entrevistas me hacen pensar que la decisión de cultivar proviene de la experiencia campesina. Esta experiencia tiene el

permite identificar el desempeño de los cultivos en distintos terrenos. En otros estudios la experiencia en el manejo de la incertidumbre está ligada con una mayor sensibilidad ante la variación del clima (Tesfahunegn et al., 2016). Las personas mencionaron que, si un cultivo no se desempeña bien, o es susceptible a fallar, pueden disminuir el área de siembra para la próxima temporada. Lo anterior también puede explicar los cambios en la composición de los cultivos. Este tipo de lógicas se ha visto en otras zonas frías en donde los cultivos son vulnerables a las bajas temperaturas y a las heladas (Eakin, 2001).

Los factores políticos también han jugado un papel importante en la construcción de estos ambientes. Por ejemplo, campesinos de otras comunidades del municipio comentan que durante el siglo pasado los programas gubernamentales promovieron la siembra de los árboles como la manzana, el durazno, y la ciruela. Aunado a lo anterior, la construcción de carreteras y caminos ha mejorado la conectividad con los centros urbanos. Estos cambios, asociados con el mantenimiento de un mercado regional, posiblemente explican la inversión y el esfuerzo que dedican los campesinos a cultivos como la manzana o el chile canario.

Entonces, puedo decir que los resultados de esta investigación sugieren que la percepción del cambio en distintos indicadores climáticos, particularmente la lluvia y el viento, no explican los cambios históricos y actuales en el manejo de las milpas en este sitio.

Finalmente, Taylor (2015) ofrece una discusión que incita a repensar no sólo el resultado de esta investigación, sino el planteamiento mismo, cuestionando la conceptualización de la relación clima y sociedad. De forma resumida, Taylor argumenta que el clima y su variación sufre un proceso de abstracción y descontextualización a través de su descripción por medio de variables y modelos estadísticos. Esto es, tratar de entender el clima de un lugar a través de patrones relativamente persistentes en variables en la precipitación, la temperatura máxima o la temperatura mínima. Conceptualizar el clima a través de dichas variables influye de manera importante en cómo lo entendemos; puesto que opaca la riqueza de experimentar las expresiones del clima y su inextricable interrelación con la sociedad. Esto es, que ni los modelos ni los registros climáticos brindan información tan rica como “experimentar una tormenta o padecer los efectos de una sequía” (Hulme en Taylor 2015).

Esta descontextualización del clima es relevante en el contexto del cambio climático porque se niega entonces la interrelación que hay entre el clima y la sociedad, en particular el papel creativo de los humanos. Adicionalmente, argumenta, la descontextualización es la precondition para que desde el marco conceptual y político de la adaptación al cambio climático se estimen áreas como vulnerables, y las acciones o reajustes se puedan implementar desde una lógica de desarrollo económico. En su lugar se propone mejor entender que la vulnerabilidad, de forma relacional (Taylor, 2013), no es el resultado de un cambio en el clima; sino que es producida por las relaciones históricas, políticas y económicas. Por lo tanto, creo que para comprender las relaciones entre la variación climática y el manejo de los sistemas como la milpa se requiere entender cómo estos ambientes se han construido (qué procesos políticos, económicas, ecológicos y sociales han modificado las relaciones socio-ecológicas en este espacio), y quiénes han tenido mayor influencia en ello (ver Ingold et al., 2010). Lo anterior permite reinterpretar mis resultados –como la búsqueda de trabajo en los centros urbanos cercano como la ciudad de Tehuacán– en función de la vulnerabilidad relacional, y no como una medida de adaptación tal como lo maneja el discurso principal.

Conclusiones

Al igual que en muchas otras comunidades indígenas mexicanas los campesinos de las comunidades de SG y SM viven un estilo de vida que está vinculado con el trabajo agrícola, y por ende con la variabilidad climática. Es innegable que los campesinos han estado desarrollando la percepción de su ambiente gracias a su experiencia trabajando en el campo desde la infancia, así como por sus distintas vivencias. Esta experiencia y los cambios en su entorno es lo que les permite reconocer cambios en la lluvia y en el viento principalmente. Los resultados de las entrevistas sugirieron que el proceso de percepción está ligado con: el calendario estacional, que marca las pautas de las principales actividades agrícolas; con algunos rasgos paisajísticos (como las barrancas), y con los cambios en la infraestructura de las comunidades, tales como los materiales de construcción y las carreteras. La percepción

sobre los cambios climáticos les brinda la capacidad de tomar decisiones que son determinantes para las prácticas agrícolas como la elección de la fecha de siembra o la ubicación altitudinal de los sitios idóneos para sus cultivos. Mas la percepción de cambios en la variabilidad climática no parece ser la causa que explica otros cambios en el manejo, tales como el uso de fertilizantes o la incorporación de nuevas especies a la milpa. Estas últimas se explican mejor por procesos externos como son la dinámica de los mercados regionales, la apertura de carreteras, o los programas políticos; las cuales influyen en la forma como la gente construye sus ambientes y la percepción de los cambios climáticos. Por lo tanto, es prioritario entender este entramado de relaciones con el fin de orientar acciones en pro de reducir su vulnerabilidad, sin importar las vicisitudes climáticas.

Literatura citada

- Abid, M., Schilling, J., Scheffran, J., y Zulfiqar, F. (2016). Climate change vulnerability, adaptation and risk perceptions at farm level in Punjab, Pakistan. *Science of the Total Environment*, 547, 447–460. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.125>
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2017). The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. *Climatic Change*, 140(1), 33–45. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0909-y>
- Bates D., Maechler M., Bolker B. y Walker S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. [doi:10.18637/jss.v067.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01).
- Beguería S. y Vicente-Serrano S. M. (2017). SPEI: Calculation of the Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index. R package version 1.7. <https://CRAN.R->

project.org/package=SPEI

- Bellon, M. R. (1991). The ethnoecology of maize variety management: A case study from Mexico. *Human Ecology*, 19(3), 389–418. <https://doi.org/10.1007/BF00888984>
- Benítez M., Fornoni J., García-barrios L., y López R. (2014). Networks in agroecology. En: M. Benítez, O. Miramontes, y A. Valiente-Banuet (Eds.), *Frontiers in Ecology , Evolution and Complexity*.. Editora C3.
- Berkes, F., Colding, J., y Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Adaptations*, 10(October), 1251–1262. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1251:ROTEKA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2)
- Boege, E. (2008a). *El patrimonio biocultural de los pueblso indígenas de México: hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas*. (Instituto Nacional de Antropología e Historia y Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, Eds.).
- Bradley, R. S., Briffa, K. R., Cole, J., Hughes, M. K., y Osborn, T. J. (2003). The Climate of the Last Millennium. In K. Alverson, T. F. Pedersen, y R. S. Bradley (Eds.), *Paleoclimate, Global Change and the Future* (pp. 105–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55828-3_6
- Broda, J. (1996). Calendarios, cosmovisión y observación naturaleza.pdf. In S. Lombardo y E. Nalda (Eds.), *Temas mesoamericanos* (Primera ed). Méxido D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Conde, C., Ferrer, R., y Orozco, S. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmosfera*, 19(3), 181–194. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01402.x>
- Cuervo-Robayo, A. P., Ureta, C., Gómez-Albores, M. A., Meneses-Mosquera, A. K., Téllez-Valdés, O., y Martínez-Meyer, E. (2018). One hundred years of climate change in Mexico. *BioRxiv*, 1–31. <https://doi.org/10.1074/jbc.RA118.003614>
- Devkota, R. P., Pandey, V. P., Bhattarai, U., Shrestha, H., Adhikari, S., y Dulal, K. N. (2017). Climate change and adaptation strategies in Budhi Gandaki River Basin, Nepal: a

- perception-based analysis. *Climatic Change*, 140(2), 195–208.
<https://doi.org/10.1007/s10584-016-1836-5>
- Eakin, H. (2001). *Crop choice as adaptation to climatic risk in central Mexico*.
- Eakin, H., Perales, H., Appendini, K., y Sweeney, S. (2014). Selling maize in Mexico: The persistence of peasant farming in an era of global markets. *Development and Change*, 45(1), 133–155. <https://doi.org/10.1111/dech.12074>
- Eccel E., Cordano E. y Toller G. (2016). ClimClass: Climate Classification According to Several Indices. R package version 2.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=ClimClass>
- Evangelista V. O. (1999). Influencia de dos cultivos comerciales en el cultivo de maíz en la comunidad de Naupan, Puebla (Tesis de maestría). UNAM, México.
- Fernández-Llamazares, Á., Garcia, R. A., Díaz-Reviriego, I., Cabeza, M., Pyhälä, A., y Reyes-García, V. (2017). An empirically tested overlap between indigenous and scientific knowledge of a changing climate in Bolivian Amazonia. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1673–1685. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1125-5>
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Folke, C. (2009). Traditional Knowledge in Social – Ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(3), 5–9. Retrieved from <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art7/>
- Folke, C., Colding, J., y Berkes, F. (2002). Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social – ecological systems. In F. Berkes, J. Colding, y C. Folke (Eds.), *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change* (pp. 352–387). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511541957>
- Grothmann, T., y Patt, A. (2005). Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, 15(3), 199–213.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.01.002>
- Hémond A. y Goloubinoff M. (2016). El "Via Crucis del agua". *Clima, calendario agrícola y*

- religioso entre los nahuas de Guerrero. En: A. Lammel., M. Goloubinoff y E. Katz. Aires y lluvias. Antropología del clima en México. Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, Universidad Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS). 638 pp.
- Hernández-Vázquez, M. Jiménez-García, D. García-Juárez, G. Jiménez-López. J. Orozco-Bolaños, H. Henández-Calva, L. M. Morales-Acolzi, T. (2007). Riesgo y vulnerabilidad del maíz de temporal en la región suroeste del estado de Tlaxcala frente al cambio climático. *Biología Agropecuaria Tuxpan*2, 3(5), 1009–1018.
- Hillyer, R., y Silman, M. R. (2010). Changes in species interactions across a 2.5km elevation gradient: Effects on plant migration in response to climate change. *Global Change Biology*, 16(12), 3205–3214. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02268.x>
- Huhne, C., y Slingo, J. (2011). Climate: Observations, projections and impacts. *Scientist*, 149. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05314.x>
- Ingold, K., Balsiger, J., y Hirschi, C. (2010). Climate change in mountain regions: How local communities adapt to extreme events. *Local Environment*, 15(7), 651–661. <https://doi.org/10.1080/13549839.2010.498811>
- Ingold, T. (2000). *The perception of the environment: Essays on livelihood, dwelling and skill*. London and New York: Routledge. <https://doi.org/10.1353/tech.2002.0079>
- Ingold, T. (2011). *Being Alive: Essays on movement, knowledge and description*. Routledge.
- IPCC. (2014). *Summary for Policymakers. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- Karki, S., Burton, P., y Mackey, B. (2019). The experiences and perceptions of farmers about the impacts of climate change and variability on crop production: a review. *Climate and Development*, 5529, 1–16. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1603096>
- Labeyrie, L., Cole, J., Alverson, K., y Stocker, T. (1993). The History of Climate Dynamics in the Late Quaternary. In *Paleoclimate, Global Change and the Future* (pp. 33–61). https://doi.org/10.1007/978-3-642-55828-3_3

- Larios, C., Casas, A., Vallejo, M., Moreno-Calles, A., y Blancas, J. (2013). Plant management and biodiversity conservation in Náhuatl homegardens of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9(1), 74.
<https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-74>
- Lave, J., y Wenger, E. (2000). Legitimate Peripheral Participation in Communities of Practice. In R. L. Cross y S. B. Israelit (Eds.), *Strategic Learning in a Knowledge Economy* (pp. 167–182). Butterworth-Heinemann.
<https://doi.org/10.1017/cbo9780511815355.006>
- Leichenko, R., y Silva, J. A. (2014). Climate change and poverty: Vulnerability, impacts, and alleviation strategies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(4), 539–556.
<https://doi.org/10.1002/wcc.287>
- Lotze-Campen H. (2011). Climate Change, Population Growth, and Crop Production: An Overview. En: S. S. Yadav S.S., R. Redden, Hatfield J. L., Lotze-Campen H., Hall A. (Eds.). *Crop Adaptation to Climate Change* (pp. 1 - 11). Wiley.
- Mcelwee, P. D. (2017). Vietnam's Urgent Task: Adapting to Climate Change. *Current History*, 116(791), 223–229.
- Meredith M. (2018). wqid: Quick and Dirty Estimates for Wildlife Populations. R package version 0.1.5. <https://CRAN.R-project.org/package=wqid>
- Monterroso Rivas, A. I., Conde Alvarez, C., Rosales Dorantes, G., Gomez Diaz, J. D., y Gay Garcia, C. (2011). Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in Mexico. *Atmósfera*, 24(1, SI), 53–67.
- Niles, M. T., Lubell, M., y Brown, M. (2015). How limiting factors drive agricultural adaptation to climate change. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 200, 178–185.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.010>
- Niles, M. T., y Mueller, N. D. (2016). Farmer perceptions of climate change: Associations with observed temperature and precipitation trends, irrigation, and climate beliefs. *Global Environmental Change*, 39(July), 133–142.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.002>

- Parmesan, C. (2006). Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37(1), 637–669.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>
- Perales, H., y Golicher, D. (2014). Mapping the diversity of maize races in Mexico. *PLoS ONE*, 9(12), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114657>
- Perales, H. R., Brush, B., y Qualset C.O. (2003). Landraces of maize in central Mexico: an altitudinal transect. *Economic Botany*, 57(1), 7–20.
- Phuoc, T., Nguyen, L., Seddaiu, G., Gonario, S., Viridis, P., Tidore, C., ... Paolo, P. (2016). Perceiving to learn or learning to perceive? Understanding farmers' perceptions and adaptation to climate uncertainties. *Agricultural Systems*, 143, 205–216.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.01.001>
- Postigo, J. C. (2014). Perception and Resilience of Andean Populations Facing Climate Change. *Journal of Ethnobiology*, 34(3), 383–400. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-34.3.383>
- Rivero-romero, A. D., Moreno-calles, A. I., Casas, A., Castillo, A., y Camou-guerrero, A. (2016). Traditional climate knowledge : a case study in a peasant community of Tlaxcala , Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12, 1–11.
<https://doi.org/10.1186/s13002-016-0105-z>
- Ruddiman. W. F. (2007). *Earth's Climate: Past and Future*. Freeman and Company, W. H. 465 pp.
- Ruiz-Corral, A., Medina-García, G., Ramírez-Díaz, J., Flores-López, H., Ramírez-Ojeda, G., Manríquez-Olmos, J., ... Mora-Orozco, C. (2011). Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 309–323.
- Sánchez-Cortés, M. S., y Chavero, E. L. (2011). Indigenous perception of changes in climate variability and its relationship with agriculture in a Zoque community of Chiapas, Mexico. *Climatic Change*, 107(3), 363–389. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9972-9>
- Savo, V., Lepofsky, D., Benner, J. P., Kohfeld, K. E., Bailey, J., y Lertzman, K. (2016).

- Observations of climate change among subsistence-oriented communities around the world. *Nature Climate Change*, 6(5), 462–473. <https://doi.org/10.1038/nclimate2958>
- Semenza, J. C., Hall, D. E., Wilson, D. J., Bontempo, B. D., Sailor, D. J., y George, L. A. (2008). Public Perception of Climate Change. Voluntary Mitigation and Barriers to Behavior Change. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), 479–487. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.020>
- Smith, H. A., y Sharp, K. (2012). Indigenous climate knowledges. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 3(5), 467–476. <https://doi.org/10.1002/wcc.185>
- Taylor, M. (2013). Climate change, relational vulnerability and human security: rethinking sustainable adaptation in agrarian environments. *Climate and Development*, 5(4), 318–327. <https://doi.org/10.1080/17565529.2013.830954>
- Taylor, M. (2015). The political ecology of climate change adaptation: Livelihoods, agrarian change and the conflicts of development. Londres y Nueva York. Routledge
- Tesfahunegn, G. B., Mekonen, K., y Tekle, A. (2016). Farmers' perception on causes, indicators and determinants of climate change in northern Ethiopia: Implication for developing adaptation strategies. *Applied Geography*, 73, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.05.009>
- Toledo, Víctor M. Barrera-Bassols, N. (2009). *La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria.
- Tschakert, P., Tutu, R., y Alcaro, A. (2013). Embodied experiences of environmental and climatic changes in landscapes of everyday life in Ghana. *Emotion, Space and Society*, 7(1), 13–25. <https://doi.org/10.1016/j.emospa.2011.11.001>
- Ureta, C., y González, E. J. (2015). Finding potential high-yield areas for Mexican maize under current and climate change conditions. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000842>
- Vallejo-Ramos, M., Moreno-Calles, A. I., y Casas, A. (2016). TEK and biodiversity management in agroforestry systems of different socio-ecological contexts of the Tehuacán Valley. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 12(1).

<https://doi.org/10.1186/s13002-016-0102-2>

Vallejo, M., Casas, A., Blancas, J., Moreno-Calles, A. I., Solís, L., Rangel-Landa, S., ...
Téllez, O. (2014). Agroforestry systems in the highlands of the Tehuacán Valley,
Mexico: Indigenous cultures and biodiversity conservation. *Agroforestry Systems*,
88(1), 125–140. <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9660-7>

Wickham H. (2017). tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'. R package version
1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>

Anexos

Formato de entrevista empleado en la salida de campo



Entrevista para los agricultores sobre percepción y adaptación al cambio climático Sta. María Coyomeapan 2017

No. entrevista: _____ Fecha: _____

Sección 1: Información personal

- 1) ¿Cuál es su nombre? _____
- 2) ¿Cuántos años tiene? _____
- 3) ¿En dónde nació? _____
- 4) ¿Cuál es su estado civil? Casado Soltero Otro: _____
- 5) ¿Hasta qué año escolar estudió? _____
- 6) ¿En dónde realizó sus estudios? En su comunidad Coyomeapan Tehuacán
Otro: _____
- 7) ¿Ha tenido que vivir en algún otro lado por algún tiempo?
 No EU CDMX Tehuacán Coyomeapan Otro: _____
- 8) ¿A qué se dedica usted? ¿Es la única actividad que realiza?
 Agricultura Ganadería Comerciante Otro: _____
- 9) ¿A qué edad aprendió a cultivar? _____
- 10) ¿Quién le enseñó? _____

Sección 2: Características de los SAF y su ubicación

- 11) ¿Cuántas parcelas de cultivo tiene en donde cultive maíz? _____
- 12) ¿El terreno que cultiva es de su propiedad? Sí _____ No _____
- 13) En caso de que sea suyo ¿Desde cuándo? _____
- 14) ¿Cuál es la extensión del/los campos de cultivo? _____
- 15) ¿Cuánto tiempo invierte en llegar al/los terrenos que cultiva? _____
- 16) ¿Sus campos de cultivo están en zonas inclinadas o en zonas medio planas?
Medio planas _____ Inclinadas _____
- 17) ¿Sus/los cultivos están ubicados en las partes altas o en diferentes partes de la montaña?
 P. altas P. bajas Otra: _____
- 18) De qué manera son diferentes las tierras en las partes bajas de las partes altas?
Temperatura _____
Humedad _____
Fertilidad _____
- 19) ¿Qué tan cerca están sus campos de cultivo a los bosques?

- 20) ¿Considera que alguno de estos sitios son mejores que otros? ¿Por qué?



Entrevista para los agricultores sobre percepción y adaptación
al cambio climático
Sta. María Coyomeapan 2017

No. entrevista: _____

Fecha: _____

22) En el caso del maíz ¿Es de temporal o de riego?

Tipo de maíz	Color	Olote	Temporal [T] Riego [R]	¿Desde cuándo lo siembra?	Motivo de la siembra	Lugar de siembra Zonas altas [A] Zonas Bajas [B]	Razón de la localización



Entrevista para los agricultores sobre percepción y adaptación
al cambio climático
Sta. María Coyomeapan 2017

No. entrevista: _____ Fecha: _____

Sección 4: Calendario estacional

25) ¿Siempre han sido los mismos meses? ¿Por qué tiene que hacerse en esos momentos?

26) ¿Durante esos meses el clima ha llegado a ser distinto? ¿Cada cuándo pasa?

27) ¿Qué hace cuando el clima es diferente?

28) ¿Hay forma de saber cuándo el clima puede ser diferente o cómo va a cambiar?

29) ¿Cuánto dura la temporada de lluvias? _____

30) ¿Siempre ha durado lo mismo? _____

Sección 5: Percepción y adaptación al CC

31) ¿Cuáles meses considera que son el más lluvioso y el más seco? _____

32) ¿Y cuáles el más cálido y el más frío? _____

33) ¿Esos meses pueden cambiar o se mantienen igual? _____

34) ¿Cuándo empiezan y terminan las heladas? _____

35) ¿Usted ha observado cambios en:

Fenómeno	Sí/No	¿A qué cree que se deba?
Florecimiento de plantas		
Comportamiento de animales		
Fuerza o dirección del viento		
Plagas o enfermedades en la milpa		
Menor producción de maíz		
Menor calidad del maíz		



Entrevista para los agricultores sobre percepción y adaptación
al cambio climático
Sta. María Coyomeapan 2017

No. entrevista: _____

Fecha: _____

36) ¿En los últimos cinco años ha perdido su maíz? Sí No

37) ¿En cuáles años los perdió? _____

38) ¿Por qué motivo los perdió? Lluvia (+) Lluvia (-) Sequía Helada Plaga Enfermedades

Otro: _____

39) ¿En qué zona lo perdió? P. altas P. bajas Otra: _____

40) ¿Qué eventos climáticos considera usted que es más peligrosos para la pérdida de sus milpas? (Por orden)

41) ¿Recuerda algún evento del clima muy extremo a lo largo de su vida y cuándo sucedió? (Cambios bruscos o fuertes de temperatura o lluvia o heladas o vientos)

42) ¿Qué ha hecho usted cuando llega a perder su cultivo por causas del clima? ¿Siempre ha hecho esto?

43) ¿Se le ha ocurrido alguna otra solución? _____

44) ¿Qué cree usted que necesitaría para llevar a cabo esas soluciones? _____

Comentarios o dudas:

Lista de modelos de efectos mixtos

Lista de los modelos resultantes del proceso de selección a través del AICc. Los códigos de los términos son: p.glob = índice de percepción; soc.edu = nivel educativo (en años); soc.mig = migración; num.terr = número de terrenos; plan.man = número de plantas manejadas; alt.alt = número de terrenos en la zona alta; alt.med = número de terrenos en la zona media; alt.baj = número de terrenos en la zona baja; soc.loc = localidad.

Paso	Modelo	Fórmula	AICc	Peso del modelo
1	1	p.glob ~ soc.edu + soc.mig + num.terr + plan.man + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	137.526	0
1	2	p.glob ~ soc.mig + num.terr + plan.man + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	74.049	1
1	3	p.glob ~ soc.edu + num.terr + plan.man + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	93.043	0
1	4	p.glob ~ soc.edu + soc.mig + plan.man + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	117.326	0
1	5	p.glob ~ soc.edu + soc.mig + num.terr + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	118.369	0
1	6	p.glob ~ soc.edu + soc.mig + num.terr + plan.man + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	116.709	0
1	7	p.glob ~ soc.edu + soc.mig + num.terr + plan.man + alt.alt + alt.baj + (1 soc.loc)	116.694	0
1	8	p.glob ~ soc.edu + soc.mig + num.terr + plan.man + alt.alt + alt.med + (1 soc.loc)	117.921	0
2	9	p.glob ~ num.terr + plan.man + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	58.655	0.959
2	10	p.glob ~ soc.mig + plan.man + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	68.187	0.008
2	11	p.glob ~ soc.mig + num.terr + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	68.305	0.008
2	12	p.glob ~ soc.mig + num.terr + plan.man + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	67.997	0.009
2	13	p.glob ~ soc.mig + num.terr + plan.man + alt.alt + alt.baj + (1 soc.loc)	67.749	0.01
2	14	p.glob ~ soc.mig + num.terr + plan.man + alt.alt + alt.med + (1 soc.loc)	68.988	0.005
3	15	p.glob ~ plan.man + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	54.714	0.243
3	16	p.glob ~ num.terr + alt.alt + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	55.049	0.206
3	17	p.glob ~ num.terr + plan.man + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	54.68	0.247
3	18	p.glob ~ num.terr + plan.man + alt.alt + alt.baj + (1 soc.loc)	55.127	0.198
3	19	p.glob ~ num.terr + plan.man + alt.alt + alt.med + (1 soc.loc)	57.153	0.072
4	20	p.glob ~ plan.man + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	51.114	0.321
4	21	p.glob ~ num.terr + alt.med + alt.baj + (1 soc.loc)	51.45	0.271
4	22	p.glob ~ num.terr + plan.man + alt.baj + (1 soc.loc)	51.539	0.259
4	23	p.glob ~ num.terr + plan.man + alt.med + (1 soc.loc)	53.555	0.095