

Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 34, Número 64. Julio – Diciembre 2024

Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169

Artículo

Resiliencia de los sistemas socioecológicos cafetaleros
ante el cambio climático en Veracruz, Oaxaca y Puebla, México

Resilience of Socio-Ecological Coffee Systems
o Climate Change in Veracruz, Oaxaca, and Puebla, Mexico

DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v34i64.1500e241500>

Jesús Guerrero-Carrera*
<https://orcid.org/0000-0003-3747-0105>.
jguerrero@colmex.mx.

José Alvaro Hernández-Flores*
<http://orcid.org/0000-0002-8349-0505>
jalvaro@colmex.mx

Fecha de recepción: 26 de febrero de 2024.

Fecha de aceptación: 11 de noviembre de 2024.

*El Colegio de México A. C.
Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.
Autor de correspondencia: Jesús Guerrero Carrera.
Carretera Picacho Ajusco núm. 20, Colonia Ampliación Fuentes del Pedregal.
Tlalpan, Ciudad de México.
Teléfono: 2226639843

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.
Hermosillo, Sonora, México.



Resumen

Objetivo: analizar la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos cafetaleros ante el cambio climático en tres regiones de México. **Metodología:** a través de 283 cuestionarios aplicados a productores, se evaluaron condiciones socioeconómicas, diversificación, tecnología, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en regiones de Oaxaca, Puebla y Veracruz. **Resultados:** se encontró confluencia de perturbaciones que han generado fenómenos como cambios en la estructura productiva, migración, desagrarización y cambios demográficos en el campesinado. **Limitaciones:** los resultados tienen un alcance geográfico y tipo de productor limitado, que no permite hacer generalizaciones completas a nivel nacional. **Conclusiones:** existe baja resiliencia ante el cambio climático en los sistemas estudiados. Se requieren estrategias integrales para fortalecer capacidades adaptativas de los productores e impulsar sistemas diversificados y sostenibles.

Palabras clave: desarrollo regional, resiliencia, agroecosistemas, adaptación, vulnerabilidad, cafecultura.

Abstract

Objective: Analyze the resilience of socio-ecological coffee systems to climate change in three regions of Mexico. **Methodology:** Through 283 surveys of producers, socioeconomic conditions, diversification, technology, vulnerability, and adaptation to climate change were evaluated in regions of Oaxaca, Puebla, and Veracruz. **Results:** A confluence of disturbances was found that have generated phenomena such as changes in the productive structure, migration, de-agrarianization, and demographic changes in the peasantry. **Limitations:** The results have a limited geographic scope and type of producer, which does not allow for complete generalizations at the national level. **Conclusions:** There is low resilience to climate change in the systems studied. Comprehensive strategies are required to strengthen adaptive capacities of the producers and promote diversified and sustainable systems.

Keywords: regional development, resilience, agroecosystems, adaptation, vulnerability, coffee farming.

Introducción

Los agroecosistemas (AES) campesinos son una fuente importante de recursos alimenticios y económicos para la sociedad (Nicholls, Henao y Altieri, 2015; Toledo y Barrera, 2017). En este tipo de AES, como los cafetaleros, se realizan prácticas agroecológicas amigables con el ambiente y la conservación de la biodiversidad (Niggli, Sonneveld, Kummer, 2023; Quintero, Gallardo y Sánchez, 2022). Contribuyen, además, a las economías locales a través del intercambio comercial de productos y la generación de empleos e ingresos en el medio rural (López y Carrascosa, 2023).

En México, los AES cafetaleros enfrentan diversos problemas, entre los que destacan, la pérdida de territorio debido al avance de los sistemas agrícolas convencionales (Palestina, Carranza, López, Torres y Silva, 2021) y la falta de apoyos gubernamentales (Jaramillo, Guerrero, Vargas y Bustamante, 2022). Esos factores limitan la capacidad de los AES para competir en condiciones de igualdad con otros sistemas productivos y enfrentar los desafíos asociados al cambio climático (CC) y a la globalización (Quintero et al., 2022). Los AES cafetaleros en México, se componen de pequeñas unidades de producción (UP) de tipo familiar, escasamente tecnificadas, que destinan parte de su producción al autoconsumo (Anderzén et al., 2020). Las regiones cafetaleras se ubican, principalmente, en zonas serranas con climas que van de cálidos húmedos a templados (Guerrero-Carrera et al., 2020). Los principales estados productores son Veracruz, Chiapas, Oaxaca y Puebla, entidades que concentran el 90% de la producción nacional (Vázquez, Espinoza, González y Guerrero, 2022). La mayor parte los cafeticultores pertenecen a familias campesinas e indígenas que residen en localidades que registran altos índices de pobreza y marginalidad (Jaramillo, Guerrero, Vargas y Bustamante, 2022).

En el ámbito económico, los productores se han visto afectados por la baja rentabilidad del café (Jaramillo, Guerrero, Vargas y Bustamante, 2021), fenómeno causado por la inestabilidad de los precios que irrumpió en 1989 y que continúa hasta la fecha (Vásquez, 2014; Gabriel-Hernández

y Barradas, 2024). Se suma a lo anterior el bajo nivel tecnológico de las UP y falta de apoyo gubernamental hacia la producción (Robles, 2011; Toledo y Barrera, 2017). Por otro lado, los AES cafetaleros son altamente sensibles al CC (Cerdeña et al., 2017). Las alteraciones en el clima, reflejadas en el aumento de la temperatura y alteraciones en la distribución de las precipitaciones, afectan el desarrollo de la planta y del fruto afectando la producción (Rahn et al., 2018). Los estudios sugieren también que el CC incide en la propagación de plagas y enfermedades que afectan el café (Guerrero et al., 2020). En el caso mexicano, destacan las afectaciones a la producción desde 2012, año en que la roya del café (*Hemileia vastatrix*) comenzó a propagarse con mayor intensidad, exacerbada por el cambio climático (Li et al., 2022).

Los factores mencionados registran un impacto negativo sobre los ingresos que perciben los productores, afectando su capacidad para cubrir los costos de la mano de obra, insumos y tecnología que demanda su actividad (Apodaca et al., 2020). El incremento de la vulnerabilidad social de los productores se manifiesta en su incapacidad para cubrir las necesidades básicas de sus familias (alimentación, salud, vestido y educación) y en el incremento de fenómenos emergentes, como la pluriactividad y la migración (Gallardo, Nava y Martínez, 2018). A pesar de ello, el cultivo del café sigue siendo una actividad sustantiva en amplias regiones del país debido a su arraigo cultural y a las condiciones socioambientales que favorecen su desarrollo (Frank, Eakin y López, 2011; Toledo y Barrera, 2017).

El abordaje de la problemática de los AES cafetaleros demanda del uso de marcos analíticos que integren de manera holística las dimensiones sociales, económicas, políticas y ambientales involucradas en su producción (Martínez y Bustillo, 2010). El caso del café es relevante para conocer los riesgos económicos y ambientales globales que amenazan a los AES campesinos, así como las respuestas de los productores para hacer frente a estos desafíos (Campbell, 2021). En este contexto, cobra relevancia el análisis de la resiliencia, entendida como la capacidad de un sistema

socioecológico (SSE) para adaptarse y recuperarse frente a las perturbaciones que afectan su estructura o funcionamiento (Nelson, Adger y Brown 2007).

El objetivo de esta investigación es analizar la resiliencia de los SSE cafetaleros ante el CC y las trayectorias de adaptación y transformación en regiones de Oaxaca, Puebla, Veracruz. Para ello, el presente trabajo se focaliza en tres regiones cafetaleras del sur de México, las cuales se consideran representativas de los AES campesinos por su alta dependencia de la producción de café, así como por su vulnerabilidad frente al fenómeno del CC: la región Mazateca de Oaxaca, la región de Cuetzalan, en Puebla y la región de las Montañas, en Veracruz. El conocimiento generado puede ser útil para la toma de decisiones y la formulación de políticas relacionadas con la resiliencia de los sistemas cafetaleros y, potencialmente, de otros sistemas agrícolas similares.

Marco teórico

De acuerdo con Cruz y Martínez (2023) un AES se define como una unidad compleja de la realidad agrícola que se caracteriza por su manejo cibernético a cargo de agricultores o campesinos, con el fin de alcanzar óptimos dinámicos económicos, ecológicos y sociales. Su responsabilidad social incluye proveer alimentos, materias primas o beneficios ambientales (Martínez y Casanova, 2018). El sistema se enfoca en la producción de café de calidad, cumpliendo con exigencias de responsabilidad social y ambiental (Machado y Ríos, 2016).

Un SSE se define como un sistema complejo adaptativo en el que el sistema ecológico y el sistema social están profundamente vinculados y coevolucionando a lo largo del tiempo y el espacio (Ostrom, 2009). Este enfoque subraya la importancia de abordar conjuntamente las dimensiones sociales, económicas, culturales, y ecológicas para entender y gestionar los desafíos ambientales y sociales de manera holística y sostenible (Cerón, Fernandez, Figueroa y Restrepo 2019). De esta forma, un AES cafetalero forma parte integral de un socioecosistema cafetalero más

amplio. El primero se enfoca en las fincas y sus interacciones ecológicas, mientras que el segundo va más allá, incorporando aspectos sociales, económicos e institucionales de la caficultura regional.

En este estudio, la unidad de análisis se denomina Unidad de Producción cafetalera (UP), la cual corresponde a la finca o parcela gestionada por un productor o grupo de productores para el cultivo de café, integrando así los componentes biofísicos del AES con las dimensiones sociales y económicas de los productores (Donovan y Poole, 2014). La UP constituye un sistema complejo en sí mismo, mostrando dinámicas propias de vulnerabilidad, adaptación o transformación ante perturbaciones, a la vez que se interrelaciona con el sistema socio-ecológico cafetalero más amplio (Meuwissen et al., 2019).

La vulnerabilidad, la resiliencia, la adaptación y la transformación son elementos centrales en el análisis de los sistemas socioecológicos ante el cambio global (Lei, Wang, Yue, Zhou y Yin, 2014). Estos elementos presentan intrincadas relaciones dentro de un sistema acoplado humano-ambiente (Cerón et al., 2019). La vulnerabilidad se refiere a la propensión de un sistema a sufrir daños o perturbaciones como resultado de impactos ambientales y socioeconómicos (Lei et al., 2014). Dicha vulnerabilidad depende de factores como exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa del sistema (Thompson et al., 2023). Las perturbaciones pueden definirse como eventos externos que afectan el funcionamiento del SSE (Davidson et al., 2016). En los SSE cafetaleros las perturbaciones pueden ser de carácter ambiental (cambio climático, plagas, enfermedades), económico (fluctuaciones de precios, costos de insumos) o social (conflictos, migración) (Guerrero et al., 2020).

El concepto de resiliencia encuentra sus raíces en la física de materiales, donde describe la propiedad de un material para absorber energía y recuperar su forma original después de una deformación elástica (Alther et al., 2018). La capacidad de resistir y recuperarse de impactos externos fue posteriormente adaptada a la ecología de ecosistemas por Holling (1973), quien la

utilizó para describir la capacidad de los sistemas ecológicos para absorber perturbaciones y preservar sus propiedades fundamentales. Se basa en redundancias funcionales, diversidad biológica y mecanismos homeostáticos, permitiendo la restauración tras eventos disruptivos ambientales (Gunderson, 2000). La definición original ha evolucionado para incorporar la capacidad de los sistemas no solo para resistir perturbaciones sino también para adaptarse y transformarse en respuesta a ellas (Nelson, 2007). Este enfoque multidimensional de la resiliencia, que abarca la resistencia, la capacidad de recuperación, la adaptabilidad y la transformabilidad, es crucial para entender la dinámica de los sistemas cafetaleros ante el cambio climático (Folke et al., 2010).

La aplicación del concepto de resiliencia a SSE, introducida por Adger (2000), subraya la importancia de las interacciones entre componentes ecológicos, sociales, económicos y políticos. Estas interacciones son cruciales en los sistemas cafetaleros, donde la biodiversidad, los procesos ecológicos, las prácticas agrícolas, las estructuras sociales y las políticas públicas se entrelazan (Campbell, 2021). Este enfoque integrador es vital para identificar puntos de intervención que fortalezcan la resiliencia del sistema en su conjunto.

Una contribución clave de la noción de resiliencia es la comprensión de que el cambio es un aspecto fundamental de cualquier sistema (Nelson et al., 2007). Toda perturbación, independientemente de la magnitud de sus efectos, altera las relaciones y los flujos de retroalimentación dentro de un sistema socio-ecológico. En virtud de lo anterior, el análisis de la resiliencia considera la distinción entre ajustes incrementales (tecnología, diversificación, etc.) y la transformación (cambios de actividades productivas, migración, etc.) del sistema (figura 1).

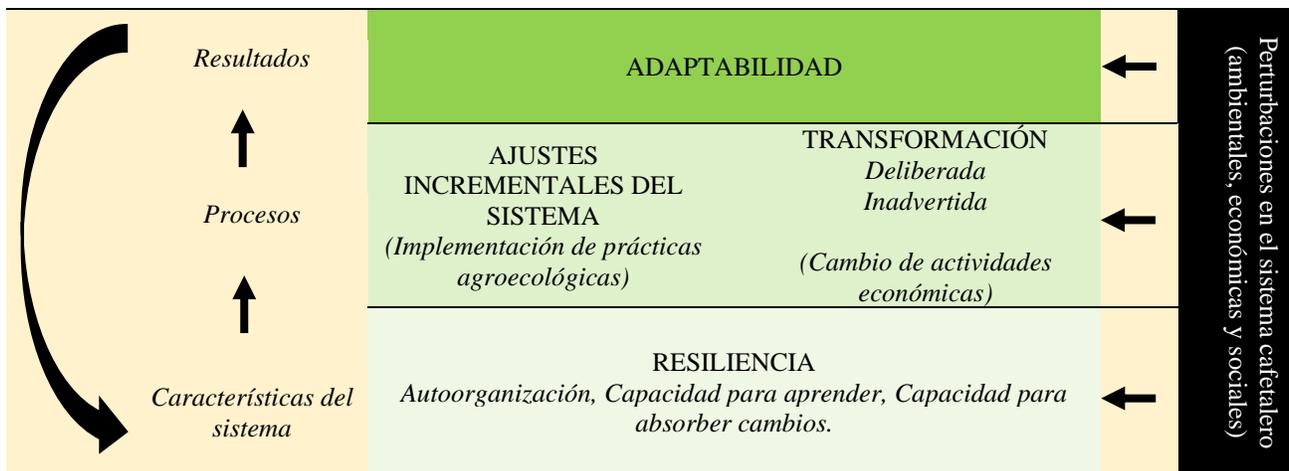


Figura 1. Características, procesos y resultados de las acciones de adaptación (Nelson et al., 2007). Fuente: Nelson et al., 2007. Ajustado al contexto de los sistemas socioecológicos cafetaleros.

El análisis de la resiliencia en sistemas cafetaleros mediante variables e índices que integran indicadores biofísicos, económicos y sociales, como sugieren Cabell y Oelofse (2012), ofrece una herramienta valiosa para evaluar los desafíos que enfrentan estos sistemas. La aproximación holística facilita la identificación de vulnerabilidades y potenciales vías de fortalecimiento.

Metodología

Regiones de estudio

Las regiones cafetaleras analizadas en este trabajo fueron: la región Mazateca de Oaxaca, la región de Cuetzalan en Puebla y la región de las Montañas en Veracruz (figura 2). En las tres regiones (tabla 1) la cafecultura es la actividad económica más sobresaliente y constituye la principal fuente de ingreso para las familias de los productores (Rivadeneira y Ramírez, 2006; Moguel y Toledo, 1999). Sin embargo, también se caracterizan por su alta vulnerabilidad ante el fenómeno del CC (Monterroso et al., 2014).

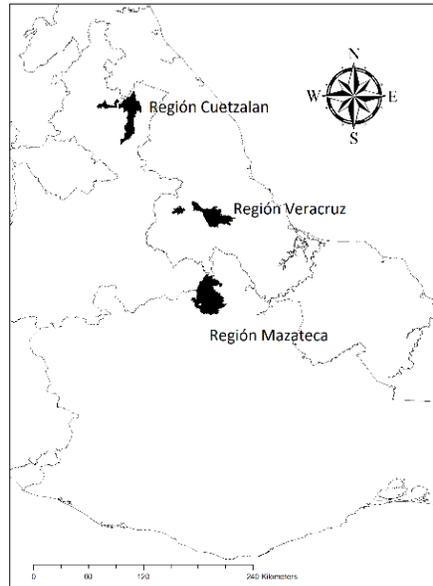


Figura 2. Regiones de estudio en los estados de Puebla, Veracruz y Oaxaca. Fuente: elaboración propia.

Tabla 1.

Características de las regiones de estudio

| Característica | Región Cuetzalan | Región Mazateca | Región de las Montañas |
|-----------------|---|-----------------------|--|
| Ubicación | Región Nororiental, Puebla | Región Cañada, Oaxaca | Centro-Sur, Veracruz |
| Altitud | De 460 a 2,100 msnm | 600 a 2,700 msnm. | 100 msnm a 5,600 |
| Clima | Semicálido y templado húmedo, | Clima templado | Templado húmedo y frío |
| Precipitaciones | De 1,200 a 2,800 mm | 1,000 a 3,000 mm | 600 y 3,000 mm |
| Temperatura | Entre 16 y 18 °C | 12 y 23 °C | 10 y 29 °C |
| Fuente | Alvarado, Lozano, Martínez y Colmenero, 2006. | Lorea y Munn 2005 | García et al., 2018, Ballinas, Esperon y Barradas, 2015. |

Fuente: elaboración propia.

En los últimos años, la cafecultura de estas regiones ha experimentado una sensible contracción (tabla 1). De acuerdo con datos del SIAP (2020), durante el período 2003-2020, la región Mazateca, pasó de producir 41,000 a 12,345 toneladas de café cereza, lo que representa una disminución del 70% en el volumen de producción. La región de Cuetzalan pasó de producir 41,000 a 17,270 toneladas de café cereza, lo que representa una disminución del 58% durante el mismo periodo. La región de las Montañas pasó de producir 14,207 a 8,294 toneladas de café cereza, lo que representa una disminución del 42% en el mismo período. En las tres regiones predomina la

producción de variedades del café arábica y también se produce, pero en menor proporción, la especie *Coffea canephora*.

La recopilación de información se realizó a través de una encuesta aplicada a 283 productores de café de las tres regiones de estudio, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, lo que asegura representatividad y viabilidad para analizar la resiliencia y las trayectorias de adaptación ante el cambio climático. La muestra se distribuyó de la siguiente manera: en la región Mazateca se incluyeron 103 productores de un padrón de 2,633 proporcionado por CADER Huautla de Jiménez; en Cuetzalan, Puebla, se encuestaron 89 productores de un padrón de 2,276 registrado por la Cooperativa Tosepan Titataniske; y en la región de las Montañas, Veracruz, se incluyeron 91 productores de un padrón de 2,327 proporcionado por las Direcciones de Fomento Agropecuario de estos municipios (tabla 2).

Tabla 2.
Estados, regiones y municipios de estudio

| Estados | Oaxaca | Puebla | Veracruz |
|------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|
| Región | Mazateca | Cuetzalan | Montañas |
| Municipios | 1. Santa Cruz Acatepec | 1. Cuetzalan del Progreso | |
| | 2. Santa María Chilchotla | 2. Tepango de Rodríguez | |
| | 3. Huautla de Jiménez | 3. Tlatlauquitepec | 1. Tepatlaxco |
| | 4. San Juan Coatzacoahuac | 4. San Pedro Camocuautla | 2. Paso del Macho |
| | 5. San José Tenango | 5. Jonotla | 3. Chocamán |
| | 6. Huautepic | 6. Zoquiapam | 4. Tomatlán |
| | 7. San Bartolomé Ayautla | 7. Ixtepec | |
| | 8. San Mateo Yoloxochitlán | 8. Zapotitlán de Méndez | |

Fuente: elaboración propia

El trabajo de campo se realizó entre 2018 y 2019 en las regiones Mazateca y de Cuetzalan, mientras que en la región de las Montañas se trabajó durante 2022 y 2023.

Análisis de resiliencia

Se establecieron cinco componentes principales de la resiliencia en sistemas socio-ecológicos, basados en el marco conceptual de Nelson et al. (2007): a) Estado del sistema (vulnerabilidad

inicial); b) Perturbaciones (impactos), c) Capacidad de adaptación. d) Trayectoria de adaptación y e) Transformación del sistema. Con base en la literatura académica se estableció, para cada componente, un conjunto de dimensiones y variables cuyos valores se obtuvieron a partir de la encuesta (tabla 3). Para algunas dimensiones como tecnología o acceso a la información, se construyeron índices compuestos que permitieran sintetizar la información, incluyendo un índice tecnológico para evaluar las prácticas agrícolas en las Unidades de Producción (UP) de las diferentes regiones. Este índice se construyó a partir de las variables correspondientes a la dimensión Prácticas agrícolas en el manejo de la producción de café.

Tabla 3.
Operacionalización de variables

| Componentes de resiliencia | Dimensión | Variables | Valor | Fuente |
|--|---|---|--|---|
| Características del sistema (Estado del sistema) | Acceso a servicios básicos y tecnológicos | 1 Refrigerador, 2 Estufa, 3 Televisión, 4 Computadora, 5 Celular, 6 Vehículo, 7 Electricidad, 8 Gas, 9 Tv de Paga, 10 Internet | Sí = 1 No = 0 | García y Mora, 2023 Campbell, 2021 |
| | Unidad de producción | 1. Superficie 2. Pendientes 3. Tipo de propiedad 4. Distancia a mercados | 1. Hectáreas (Ha) 2. 1) Alta, 2) media, 3) plano 3. 1) Privada, 2) ejido o comunidad, 3) rentado 4. Minutos en transporte | Alemayehu y Bewket, 2017 |
| | Mano de obra | - Mano de obra familiar - Mano de obra contratada | 1. Numero de jornales familiares 2. Numero de jornales contratados | Jaramillo et al., 2021 |
| | Organización social | Organización de productores de café y comercialización del café | Sí = 1 No = 0 | Shapiro, King, Rivera, Wang y Finley 2020; Machado, Nicholls y Ríos, 2018 |
| | Perturbaciones generales | Plagas y enfermedades, Precio del café, Falta de mercados, Falta de capacitación técnica, Altos costos de insumos, Déficit de mano de obra, Variedades no apropiadas, Altos costos de jornales, Variación climática (CC), Sequías, Exceso de lluvias, | ¿Significan una afectación? Sí = 1 No = 0 | Frank, Eakin y López, 2011; Baca, Läderach, Hagggar, Schroth y Ovalle, 2014; Eakin, Tucker y Castellanos, 2005; Ruiz, 2015; Tucker, Eakin y Castellanos, 2010 |

| | | | | |
|---------------------------|--|---|--|--|
| Capacidad de adaptación | | Escasez de agua, Fuertes vientos, Heladas, Erosión de suelos, Huracanes | | Guerrero et al., 2020 |
| | Perturbaciones ambientales | - Plagas y enfermedades - Sequías - Escasez de agua - Exceso de lluvias - Fuertes vientos - Huracanes - Erosión del suelo - Heladas | ¿Cuál es el nivel de afectación? 4.- Mucho 3.- Poco 2.- Nada 1.- No sabe | |
| | Amenazas al ingreso de café | Ingresos por concepto de venta del café | 3 = Mucho 2 = Poco 1 = Nada | Robles, 2011 |
| | Amenazas ambientales | - Plagas y enfermedades - Sequías - Escasez de agua - Exceso de lluvias - Fuertes vientos - Huracanes - Erosión del suelo - Heladas | Nivel de capacidad: 4.- Mucho 3.- Poco 2.- Nada 1.- No sabe | Campbell, 2021 |
| Trayectoria de adaptación | Manejo agrícola en la producción de café | 1 Siembra de plántulas, 2 Adquisición de plántula, 3 Acarreo de plantas, 4 Resiembra, 5 Elaboración de compostas, 6 Aplicación de fertilizante químico, 7 Primera limpia del terreno, 8 Segunda limpia del terreno, 9 Tercera limpia del terreno, 10 Regulación de sombra, 11 Podas de árboles de café, 12 Corte (pizca), 13 Acarreo de parcela a casa, 14 Despulpe, 15 Lavado, 16 Secado, 17 De casa a venta | Sí = 1 No = 0 Índice de manejo agrícola | Jaramillo et al., 2021 |
| | Acceso a la información | Capacitaciones técnicas Adopción de tecnología | Sí = 1 No = 0 Índice capacitación y adopción de tecnología | Jaramillo et al., 2021 |
| | Ingresos por café Diversificación productiva agrícola Apoyos de programas sociales | Ingreso promedio por ha de café Otras actividades agrícolas PROCAFE Producción para el bienestar | \$ pesos (ingresos) Descripción de otras actividades % 1 = Sí 2 = No | Machado et al., 2018 Venegas et al., 2021 Campbell, 2021 Robles, 2011 Campbell, 2021 |
| Transformación | Otros ingresos | Actividades no agrícolas | \$ pesos (ingresos) % de otros ingresos | Campbell, 2011 |

Fuente: elaboración propia.

Para describir y contrastar los sistemas cafetaleros se utilizaron estadísticas univariadas y bivariadas. Se calcularon medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar) para variables cuantitativas como edad, años de estudios, experiencia, superficie y rendimiento. Para el análisis de las variables cualitativas como acceso a servicios, afectación de precios, pertenencia a organizaciones y diversificación productiva, se obtuvieron frecuencias absolutas y relativas y se contrastaron los valores de los índices compuestos. Finalmente, para caracterizar la capacidad de adaptación ante amenazas, se recurrió a estadísticos descriptivos (frecuencias) de las valoraciones de los productores.

Resultados

Estado del SSE cafetalero

Se evidencian diferencias en términos de características demográficas, educativas y productivas que, en conjunto, delinear un panorama complejo en los SSE cafetaleros. La región mazateca y la región de Cuetzalan generan menores rendimientos por hectárea de café, y padecen de menor superficie, nivel de estudios y experiencia en la caficultura. En contraste, la región Montañas muestra mayor superficie, rendimientos, experiencia y educación, indicando mejores condiciones socioeconómicas y productivas (tabla 4).

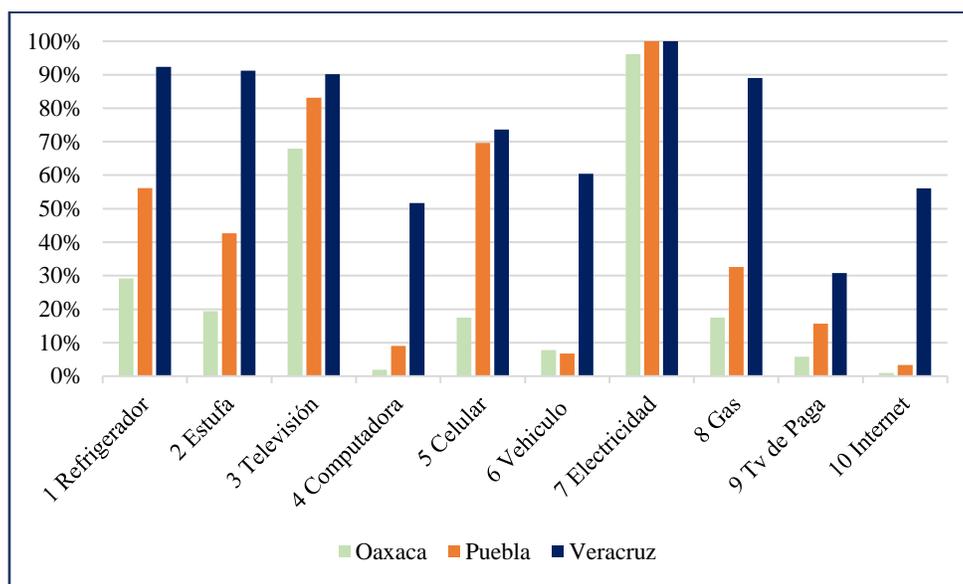
Tabla 4.
Características de los SSE cafetaleros.

| Variables | Región Mazateca | | | Región de Cuetzalan | | | Región Montañas | | |
|---------------------|-----------------|--------|-----------|---------------------|--------|-----------|-----------------|----------|-----------|
| | Obs | Mean | Std. Dev. | Obs | Mean | Std. Dev. | Obs | Mean | Std. Dev. |
| Edad | 103 | 54.04 | 14.84 | 89 | 60.69 | 11.70 | 91 | 58.80 | 11.88 |
| Estudios | 103 | 4.87 | 3.90 | 89 | 5.44 | 3.83 | 91 | 8.53 | 5.08 |
| Experiencia | 103 | 23.90 | 13.70 | 89 | 27.98 | 16.35 | 91 | 30.88 | 15.03 |
| Superficie (Ha) | 103 | 1.04 | 0.81 | 89 | 1.49 | 1.23 | 91 | 2.45 | 2.79 |
| Rendimiento (Kg/Ha) | 103 | 674.78 | 1,022.56 | 89 | 716.58 | 1,343.46 | 91 | 3,565.16 | 2,848.25 |

Fuente: elaboración propia con base en encuesta a productores.

Acceso a servicios básicos y tecnológicos

En lo relativo al acceso a servicios básicos y tecnológicos se encontró que la región Mazateca es la zona con mayores carencias; mientras que la región de las Montañas destaca por sus condiciones de accesibilidad, superiores a las que prevalecen en otras regiones. Las diferencias más notables se observan en el acceso a servicios informáticos (internet y computadoras) y al transporte particular (gráfica 1).



Gráfica 1. Acceso a servicios básicos y tecnológicos en las tres regiones. Fuente: elaboración propia con base en encuesta a productores.

Características de las Unidades de Producción (UP)

Los resultados muestran diferencias significativas en las características de las UP cafetaleras entre regiones (tabla 5). En la Mazateca, la combinación de terrenos con alta erosión, propiedad mayoritariamente ejidal o comunal, y mano de obra familiar, sugiere retos en la gestión sostenible y el acceso a mercados debido a su relativa lejanía. Cuetzalan, cuenta con UP privadas y terrenos igualmente erosionados, enfrenta desafíos similares, pero con mejor acceso a mercados y posiblemente con mayor capacidad de inversión individual.

Las Montañas, en contraste, muestran condiciones en la topografía que favorece la producción, mejor proximidad a mercados, junto a una prevalencia de mano de obra asalariada, lo que indica potencialmente una estructura de producción más flexible y menos dependiente de recursos familiares. Las diferencias regionales en las UP resaltan los diversos grados de vulnerabilidad socioambiental, acceso a mercados y dependencia de mano de obra familiar que caracterizan los sistemas cafetaleros analizados.

Tabla 5.
Características de las unidades de producción.

| Región | Propiedad | Terreno | Distancia a Mercados | Mano de Obra |
|-----------|----------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| Mazateca | 53% ejidal/comunal, 47% privada. | 93% con pendientes irregulares y alto grado de erosión. | Ciudad más cercana a una hora. | Predominantemente familiar (67%). |
| Cuetzalan | 100% privada. | 94% con pendientes irregulares, menos acentuadas que en Mazateca, alto grado de erosión. | Promedio de 55 minutos en transporte colectivo. | Mayoritariamente familiar (56%). |
| Montañas | 87% privada, 13% ejidal. | 44% en terrenos planos, 42% con poca pendiente, 10% con pendientes pronunciadas. | Promedio de 16 minutos. | Mayormente asalariada (66%). |

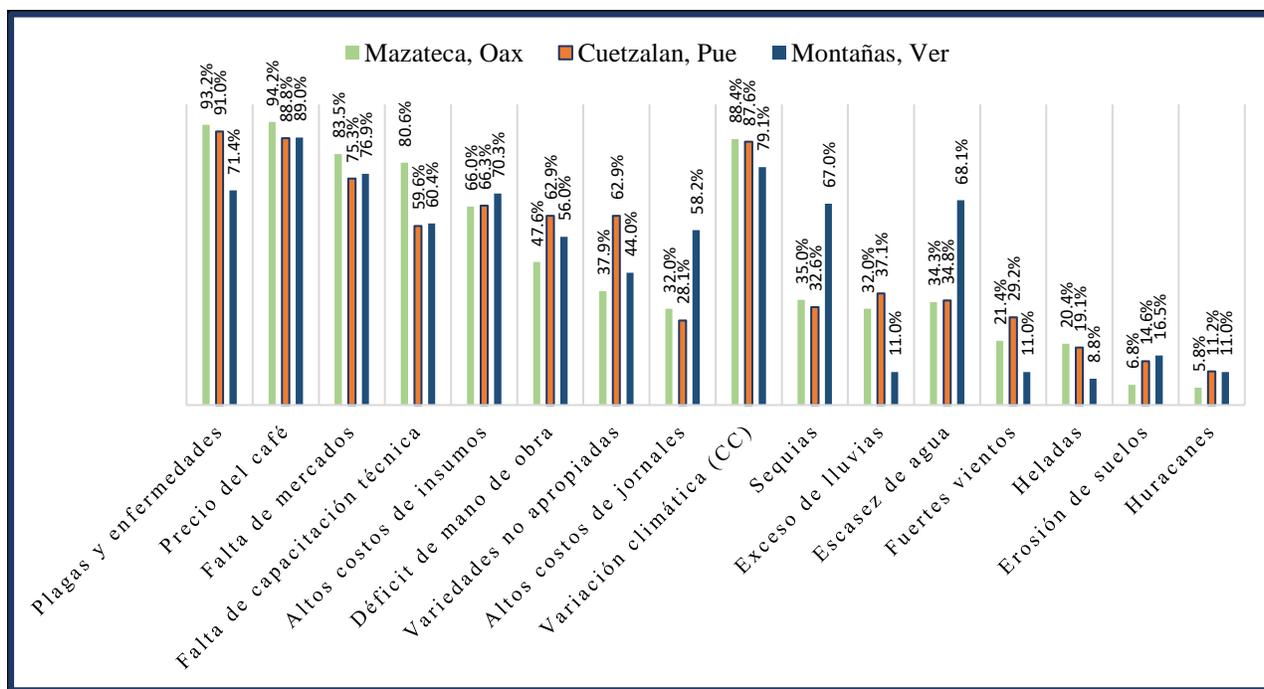
Fuente: elaboración propia.

En el contexto de la producción de café, la pertenencia a una organización es un indicador importante de resiliencia (Campbell, 2021). En la región Mazateca el 85% de los productores entrevistados forman parte de una organización productiva. Pese a ello, se declaran preocupados por la falta de acceso a mercados que les garanticen mejores condiciones de comercialización. En la región de Cuetzalan el 100% de los productores encuestados pertenecen a la cooperativa Tosepan Titataniske, la cual tiene más de 40 años de existencia y cuenta con sus propios medios de acopio y comercialización. En esta región los productores tienen garantizada la venta de su producto. La cooperativa les ha permitido incursionar en la producción orgánica y en los mercados de exportación. En la región de las Montañas solo el 21% de los productores están integrados a una

organización, el resto comercializa su producción con sus propios medios. Para los productores de esta región la organización social no ha significado un factor importante en el desarrollo comercial, técnico y productivo.

Perturbaciones que amenazan los SSE:

Los datos muestran que las plagas y enfermedades, así como las fluctuaciones en el precio del café, son preocupaciones significativas en las tres regiones, aunque con mayor incidencia en la Mazateca y las Montañas (gráfica 2). La falta de mercados y la escasez técnica son retos considerables, especialmente en la Mazateca. Los altos costos de insumos y la mano de obra, así como la variabilidad climática, también son factores relevantes en las tres áreas.



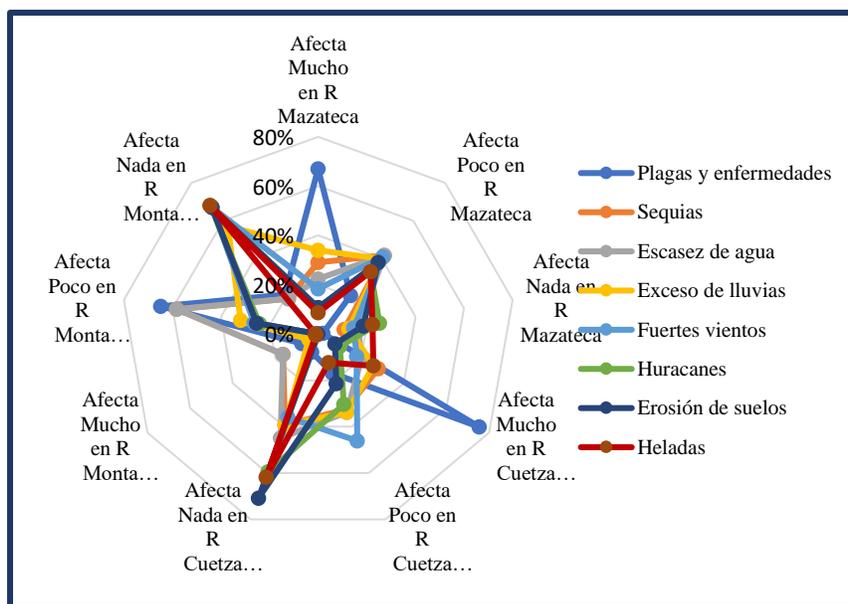
Gráfica 2. Perturbaciones en la producción de café por regiones. Fuente: elaboración propia con base en encuesta a productores.

En cuanto a las condiciones climáticas específicas, la sequía y el exceso de lluvias son los factores más destacados en las Montañas. Cuetzalan enfrenta principalmente la escasez de agua,

mientras que la Mazateca reporta una preocupación significativa por eventos extremos como fuertes lluvias y heladas. La erosión de suelos y los huracanes son menos frecuentes, pero presentan un riesgo de importancia en las Montañas y la Mazateca.

Nivel de afectaciones por región

Los resultados destacan que las regiones de la Mazateca y Cuetzalan son particularmente susceptibles a las plagas y enfermedades, como la roya, las cuales han tenido un impacto considerable en los rendimientos del café (gráfica 3). En contraposición, la región de las Montañas presenta una menor afectación por estas causas. No obstante, la escasez de agua y las sequías son factores de vulnerabilidad particularmente relevantes para los productores en la región de las Montañas. En términos de resiliencia al CC, los productores en las Montañas parecen estar mejor equipados para enfrentar las perturbaciones comparativamente, aunque no están exentos de desafíos, especialmente relacionados con la disponibilidad de agua.

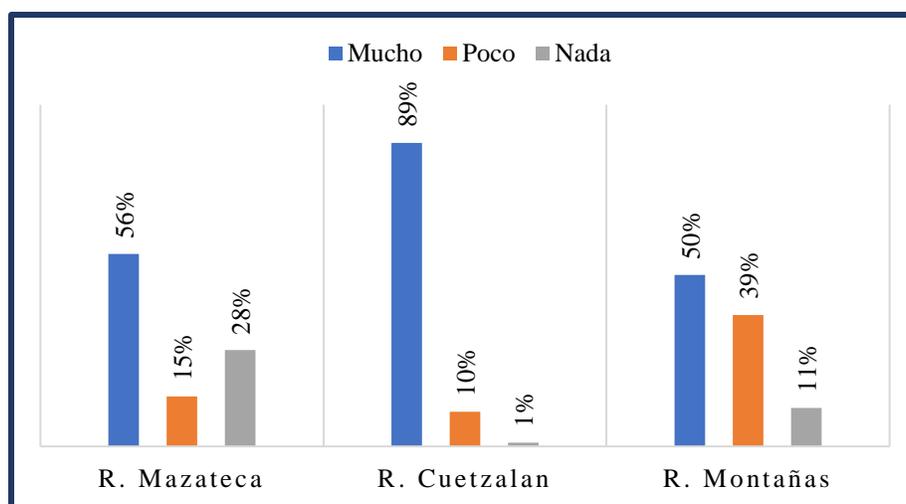


Gráfica 3. Nivel de afectación por región. Fuente: elaboración propia con base en encuesta a productores.

Afectaciones al ingreso

En la región Mazateca el ingreso promedio anual por ha de café fue de 7,075.8 pesos mexicanos. En la región de Cuetzalan fue de 6,495.8 pesos y en la región de las Montañas fue de 18,560.3 pesos. Las diferencias se explican, principalmente, por las características de las UP, las condiciones agroecológicas y agroclimáticas, el tipo de producción que se implementa en cada región (tradicional o convencional), así como el acceso al mercado.

En cuanto a los factores que afectan el ingreso por concepto de venta de café, los productores de las tres regiones mencionaron que las variaciones en el precio fueron la principal amenaza (gráfica 4). De ahí la necesidad de diversificar sus actividades productivas, y, por tanto, sus fuentes de ingreso.

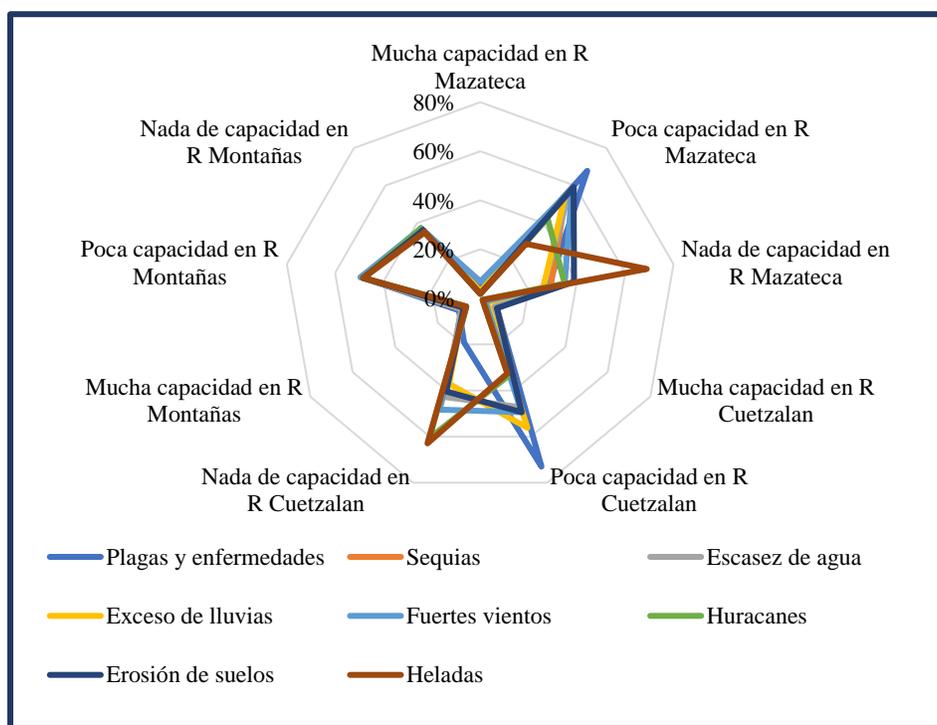


Gráfica 4. Afectaciones del precio del café sobre el ingreso familiar. Fuente: elaboración propia con base en encuesta a productores.

Capacidad para hacer frente a las perturbaciones

La capacidad para hacer frente a los riesgos se analizó con base a las perturbaciones y condiciones socioeconómicas de las UP antes examinadas. En las tres regiones de estudio se determinó que los productores muestran muy poca capacidad para hacer frente a riesgos relacionados con las plagas,

sequías, escasez de agua, exceso de lluvias, fuertes vientos, erosión de suelos, así como al problema del precio del café (gráfica 5). Respecto a huracanes y heladas los productores encuestados manifestaron tener nula capacidad para hacerles frente. Refirieron que esto se debe, principalmente, a la falta de recursos económicos, poca capacitación técnica, falta de apoyos gubernamentales y la edad avanzada de muchos productores, situación que les impide ser eficientes en el manejo de sus predios.



Gráfica 5. Capacidad para hacer frente a riesgos. Fuente: elaboración propia con base en encuesta a productores.

A partir de este análisis se puede concluir que los productores tienen poca capacidad para hacer frente a las perturbaciones que amenazan a los SSE cafetaleros. Una conclusión interesante es que ninguna región tiene la capacidad suficiente para enfrentar a las perturbaciones que representa el fenómeno del CC, incluyendo las plagas y enfermedades, sequías, escasez de agua,

lluvias torrenciales, entre otros, siendo la roya y los fenómenos meteorológicos extremos, los principales problemas que enfrentan los productores.

Trayectoria de adaptación

Los resultados sobre innovación tecnológica, capacitación técnica y diversificación dan cuenta de estrategias de adaptación apuntando a mantener las funciones del sistema ante perturbaciones.

Tecnología

Respecto al índice de manejo agrícola en la producción de café, los productores de las regiones Mazateca y de las Montañas tuvieron un índice de 0.68 en el manejo de sus AES cafetaleros. En el caso de los productores de la región de Cuetzalan este índice fue de 0.73, mayor que el de las otras regiones. Un rubro de suma importancia en la producción de café es el que corresponde a la certificación orgánica. La obtención de este sello permite a los productores acceder a nuevos mercados y obtener mayores ganancias por la venta de su producto. No obstante, tal certificación constituye un desafío para los pequeños productores, ya que las empresas que la otorgan consideran aspectos relacionados con la gestión de la UP, su estructura de costos y la aplicación de prácticas amigables con el ambiente.

En la región Mazateca, apenas el 14% de la UP de café están certificadas como orgánicas y el resto es agricultura tradicional (sin agroquímicos). En la región de Cuetzalan, el 98% de las UP están certificadas como orgánicas y solo el 2% restante produce café de manera convencional. El alto porcentaje de UP certificadas se atribuye a su participación dentro de la cooperativa Tosepan Titataniske. En la región de las Montañas, el 74.7% de las UP producen bajo sistemas de producción de tipo convencional, el 23.1% de las UP son de tipo tradicional y solo el 2.2% están certificadas como orgánicas.

Capacitación y adopción de tecnología

La capacitación técnica y la aplicación de las tecnologías adquiridas se evaluó mediante dos índices que se generaron con base en las variables relativas a la dimensión Acceso a la información (ver tabla 2). En el caso de los productores de la región Mazateca el índice de nivel de acceso a capacitaciones fue de 0.29, muy bajo en comparación con el resto de las regiones. Los productores señalan que las pocas actividades de capacitación a las que han tenido acceso se han realizado a través de las organizaciones a las que pertenecen. De igual forma, declaran que en muchas ocasiones las capacitaciones no se llevan a cabo por falta de insumos y otros factores. Esta situación se refleja en el índice de adopción de tecnología de 0.27, el cual es también muy bajo.

En contraste, los productores de la región de Cuetzalan registraron un índice de nivel de acceso a capacitaciones de 0.92. Un nivel muy superior a la región Mazateca y de las Montañas. En virtud de su afiliación a la cooperativa, los productores de esta región cuentan con personal técnico que brinda capacitación permanente, dando, así, seguimiento a la aplicación del conocimiento. Esta explica que los productores tengan también un alto índice de adopción de tecnologías (0.92).

Los productores de la región de las Montañas, por su parte, mostraron un índice de acceso a tecnologías de 0.45. Las capacitaciones a las que han tenido acceso son impartidas a través de programas del gobierno estatal, así como de empresas que se dedican a la compra del café, como Agroindustrias Unidas de México (AMSA). En esta región el índice de adopción de tecnología fue de 0.58. Los productores mencionaron que una limitante para aplicar el conocimiento en sus prácticas cotidianas es alto costo de los insumos.

Diversificación productiva e ingresos

Los productores han implementado estrategias para adaptar sus sistemas productivos a las cambiantes condiciones, manteniendo la funcionalidad de los mismos, destacan la diversificación productiva a base de otros ingresos agrícolas. En la región mazateca el 84.5% de los productores han optado por diversificar sus UP, incorporando maíz y frijol, principalmente con fines de autoconsumo. En la región de Cuetzalan el 62.9%, de las UP se han diversificado, cultivando a la par del café, maíz, pimienta y desarrollando la apicultura. La producción de maíz es para autoconsumo; mientras que el pimiento y la miel se producen con fines comerciales. En la región de las montañas, la mayor parte de las UP (92.3%) son diversificadas. Además del café, producen maíz para autoconsumo, y plátano, caña de azúcar y chayote para su venta en el mercado.

Estrategia institucional para fortalecer capacidades adaptativas. Apoyos de programas institucionales

Los apoyos gubernamentales son un destacado factor en la resiliencia de los SSE cafetaleros. En el caso del café, el programa productivo más relevante de la última década fue Procafe, este fue un componente del Programa de Fomento a la Agricultura, el cual apoyaba a los productores para el mejoramiento tecnológico de sus UP. En la actualidad este programa no sigue vigente. En su lugar, existe el programa Producción para el Bienestar, el cual otorga apoyos económicos a los productores en función de la superficie de sus predios. Las tres regiones analizadas en este trabajo fueron beneficiarias de ambos programas.

Entre 2016 y 2019, el 46% de los productores de la región Mazateca fueron beneficiarios de Procafe. El apoyo económico anual que otorgaba este programa era aproximadamente de 2,400.00 pesos por productor. En la región de Cuetzalan, durante el mismo período, fueron beneficiarios el 43% de los productores; mientras que en la región de las Montañas solamente el 27% logró acceder a este programa.

Trayectoria de transformación

Para muchas familias la producción de café ha dejado de representar la principal fuente de ingresos. De hecho, el 45.5% de los productores entrevistados señala que la mayor parte de sus ingresos proviene de otras actividades económicas, entre las que destacan, la venta de su fuerza de trabajo en otras UP (jornaleros), la albañilería y el comercio. En la región Mazateca el 64.1% de los productores consigue otros ingresos distintos a la venta de café. Las ocupaciones alternas más recurrentes son: jornaleros, ayudantes de albañilería, pequeños comerciantes y taxistas. En la región de Cuetzalan el 69.7% de los productores percibe otros ingresos, producto de su incorporación al mercado de trabajo local, como jornaleros, albañiles y pequeños comerciantes. En la región de las Montañas el 74.7% de los productores percibe otros ingresos derivados del comercio de productos no agrícolas y el trabajo asalariado, como jornaleros, profesores y empleados de gobierno.

La demografía de los productores de café ha cambiado radicalmente en los últimos años. En general, los cafeticultores jóvenes son relativamente pocos: 20.5% registran una edad entre 21 a 40 años; 38.3% entre 41 y 60 años; y el resto (41.1%) entre 61 a 82 años de edad. Además, el 15% de las UP está encabezada por mujeres. Otro problema que se identificó, principalmente en las regiones Mazateca y de las Montañas es la transformación del paisaje, debido a la introducción de la especie *C. canephora*, la cual requiere poca sombra para su éxito productivo. En la región de las Montañas también se visualiza la transición productiva hacia actividades agrícolas más redituables como la caña de azúcar y la producción de chayote. Entre las razones que explican esta transformación destacan mayor rentabilidad comparado con la actividad cafetalera y el incremento de la temperatura promedio anual en zonas geográficas en las que su producción representaba un desafío. Así, la transformación del paisaje cafetalero se refleja en la disminución de la cubierta

forestal y en el cambio de un sistema productivo tradicional, a uno de tipo convencional, a base de agroquímicos, que conlleva un mayor impacto ambiental.

Discusión

Los resultados reflejan diferencias significativas en el estado inicial de los sistemas cafetaleros examinados. Se muestra una vulnerabilidad diferenciada que depende de las condiciones socioeconómicas, el acceso a activos y las capacidades de adaptación existentes previo a las perturbaciones (Eakin et al., 2014; Baca et al., 2014). La región Mazateca muestra desventajas significativas en todas estas dimensiones, incluyendo nivel educativo, rendimientos e ingresos por hectárea. Asimismo, las diferencias en las características de las UP resaltan distintos niveles de vulnerabilidad. Por ejemplo, la prevalencia de UP ejidales/comunales, aislados, con orografía accidentada en Mazateca y Cuetzalan representan retos para la adaptación (Ramos y Thomaz, 2016). Según Tucker et al. (2010), este tipo de limitaciones estructurales suelen exacerbar la exposición, sensibilidad y falta de resiliencia de los pequeños caficultores a eventos climáticos extremos y fluctuaciones de precios.

Respecto a las perturbaciones en el sistema, la identificación de las plagas y enfermedades, específicamente la roya, así como la variabilidad de precios, como los principales factores desestabilizadores concuerda con múltiples estudios sobre amenazas en sistemas cafetaleros latinoamericanos (Avelino et al., 2015; Baca et al., 2014). La mayor susceptibilidad a estas perturbaciones en la mazateca y Cuetzalan comparado con Las Montañas corrobora la existencia de niveles diferenciados de exposición y capacidad de respuesta entre regiones, vinculados a condiciones de vías de comunicación, agroecológicas y grado de integración comercial.

La relevancia de las fluctuaciones de precios y sus efectos en los ingresos cafetaleros ha sido ampliamente constatada como un factor desestabilizador clave para la viabilidad de las fincas y la

resiliencia de las familias caficultoras (Jha et al., 2014). Si bien este riesgo económico es transversal, este estudio refleja un impacto heterogéneo modulado por el nivel de diversificación productiva e integración a canales formales de comercialización en cada región.

Respecto a la capacidad de adaptación de los caficultores para responder a las principales amenazas es indicativo de una resiliencia comprometida en los sistemas estudiados. Según el marco conceptual de Nelson et al. (2007), la capacidad de adaptación es un componente central de la resiliencia, por lo que estas restricciones autoinformadas por los productores concuerda con datos de vulnerabilidad en estas regiones (Monterroso et al., 2014). Además, estudios constatan la alta vulnerabilidad de los caficultores a los impactos del CC, eventos meteorológicos extremos y plagas/enfermedades intensificadas por el calentamiento global (Harvey et al., 2018).

Las múltiples dimensiones de pobreza, desigualdad y limitaciones estructurales que afectan a los pequeños productores están en la raíz de esta precaria capacidad adaptativa ante crecientes presiones ambientales y económicas sobre sus medios de vida (Bacon, Sundstrom, Stewart y Beezer, 2017). Revertir esta situación e incrementar la resiliencia requiere estrategias integrales, diferenciadas y participativas que aborden restricciones subyacentes en recursos, conocimientos, infraestructura, políticas públicas y fortalecimiento de capacidades para una adaptación climática inclusiva y sostenible (Campbell, 2021). Respecto a la trayectoria de adaptación, la diversificación productiva e ingresos como estrategia predominante de adaptación es consistente con estudios que enfatizan estos procesos como cruciales para gestionar la resiliencia en sistemas cafetaleros (Donovan y Poole, 2014; Harvey et al., 2018). Al distribuir riesgos e incrementar flexibilidad, la diversificación mejora las probabilidades de estabilizar medios de vida frente a perturbaciones, como evidencia el caso de Cuetzalan.

Los diferenciales de acceso a capacitación, adopción de tecnología e innovaciones entre regiones, resultan determinantes en la capacidad para implementar adaptaciones y contrarrestar los

efectos climáticos. La innovación tecnológica facilitada por Tosepan Titataniske en Cuetzalan ejemplifica cómo el acceso al conocimiento fortalece la resiliencia (Frank et al., 2011). En contraste, las limitaciones en Mazateca exacerbaban la vulnerabilidad inicial.

Las innovaciones tecnológicas incrementales adoptadas representan ajustes en las prácticas convencionales para contrarrestar efectos climáticos sin cambios transformadores, encajando en el concepto de "resiliencia específica" (Folke et al., 2010). Si bien estas acciones son útiles ante impactos moderados, sin embargo, perturbaciones intensificadas requerirán respuestas más profundas en términos de reconfiguración de los sistemas productivos e incluso medios de vida (Donnatti, Harvey, Martínez, Vignola y Rodríguez, 2019). Evaluar si las estrategias actuales son suficientes o se necesita transitar hacia cambios más transformadores es parte del debate sobre resiliencia en la caficultura. Respecto a la trayectoria de transformación, los cambios identificados en ocupación, demografía y actividades productivas representan respuestas más transformadoras que están reconfigurando los sistemas cafetaleros estudiados. Este tipo de transiciones han sido documentadas en regiones donde la persistencia de los medios de vida vinculados únicamente a la caficultura se torna inviable tras sucesivas crisis, forzando cambios más profundos (Tucker et al., 2010; Campbell, 2021).

En las tres regiones los productores de edad avanzada abandonan la producción de café sin que se verifique el proceso de relevo generacional. La falta de interés de los jóvenes se asocia a la incapacidad de la caficultura para sustentar las necesidades básicas de las familias, así como a la posibilidad de insertarse con mejor éxito en el mercado de trabajo, fuera de sus localidades (Herrera, Parra, Guerrero y Soto, 2024). Si bien la incursión a otras actividades agrícolas y no agrícolas puede significar una adaptación exitosa para diversificar ingresos ante condiciones adversas, implica la erosión parcial o total del sistema cafetalero previo, con efectos sociales y ecológicos ambivalentes (Guatam y Andersen, 2016). La migración laboral o el cambio

generacional constatado podrían comprometer la transmisión de conocimientos agroecológicos tradicionales relevantes para la sostenibilidad (Falco, Galeottia y Olpe, 2019). Pero también abren oportunidades para impulsar sistemas más resilientes. Definir colectivamente hacia dónde se deben dirigir estas transformaciones representa un desafío fundamental. Requiere comprender cabalmente tensiones potenciales entre atributos como viabilidad económica, equidad social y sustentabilidad ecológica, para construir consensos en torno a futuros sistemas cafetaleros más resilientes y sostenibles.

Conclusiones

El análisis de la caficultura desde el enfoque de SSE permitió obtener una comprensión integral de los factores subyacentes que explican la heterogénea vulnerabilidad, la adaptación y el potencial de transformación de los SSE cafetaleros ante el CC. Se evidencia una resiliencia comprometida en los sistemas estudiados, dados los bajos recursos técnicos y activos productivos de los pequeños productores para implementar medidas de adaptación ante los efectos actuales y futuros del CC. Sus limitados mecanismos de respuesta podrían ser rápidamente sobrepasados si las presiones ambientales y económicas se acentúan.

Generar resiliencia climática requerirá, entonces, estrategias público privadas concertadas que, mediante servicios de extensión, innovación tecnológica, financiamiento y redes colaborativas diferenciadas, potencien las capacidades de adaptación in situ a nivel local. Pero también se necesitan cambios más transformadores hacia sistemas agroecológicos, diversificados, socialmente organizados y sostenibles que permitan preservar medios de vida ante incertidumbres. Navegar estos cambios ecológicos y sociales complejos de manera participativa, con miras a un futuro cafetalero sustentable, constituye el desafío actual. Las decisiones que la sociedad tome hoy serán

cruciales para construir la resiliencia requerida o, por el contrario, colapsar ante presiones múltiples.

Referencias bibliográficas

- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography*, 24(3), 347-364, doi: <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>
- Alemayehu, A. y Bewket, W. (2017). Determinants of smallholder farmers' choice of coping and adaptation strategies to climate change and variability in the central highlands of Ethiopia. *Environmental Development*, 24, 77-85, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2017.06.006>
- Alemayehu, A. y Bewket, W. (2017). Determinants of smallholder farmers' choice of coping and adaptation strategies to climate change and variability in the central highlands of Ethiopia. *Environmental Development*, 24, 77-85.
- Altherr, L. C., Brötz, N., Dietrich, I., Gally, T., Geßner, F., Kloberdanz, H., Leise, P., Pelz, P. F., Schlemmer, P. D. y Schmitt, A. (2018). Resilience in Mechanical Engineering-A Concept for Controlling Uncertainty during Design, Production and Usage Phase of Load-Carrying Structures. *Applied Mechanics and Materials*, 885, 187-198, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.885.187>
- Alvarado, M., Lozano, F., Martínez, M. y Colmenero, J. A. (2006). Usos y destinos de los suelos en la región de Cuetzalán, Puebla, México. *Investigaciones Geográficas*, 59, 43-68. <https://doi.org/10.14350/ig.30020>
- Anderzén, J., Guzmán Luna, A., Luna-González, D. V., Merrill, S. C., Caswell, M., Méndez, V. E., Hernández Jonapá, R. y Mier Y Terán Giménez Cacho, M. (2020). Effects of on-farm diversification strategies on smallholder coffee farmer food security and income sufficiency in Chiapas, Mexico. *Journal of Rural Studies*, 77, 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.001>
- Apodaca, J., Guzmán, A., Luna-González, D. V., Merrill, S. C., Caswell, M., Méndez, V. E., Hernández, R. y Mier y Terán, M. (2020). Effects of on-farm diversification strategies on smallholder coffee farmer food security and income sufficiency in Chiapas, Mexico. *Journal of Rural Studies*, 77, 33-46, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.04.001>
- Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., Aguilar, L., Bornemann, G., Läderach, P., Anzueto, F., Hruska, A. J. y Morales, C. (2015). The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): Impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security*, 7(2), 303-321. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0446-9>
- Baca, M., Läderach, P., Hagggar, J., Schroth, G. y Ovalle, O. (2014). An Integrated Framework for Assessing Vulnerability to Climate Change and Developing Adaptation Strategies for Coffee Growing Families in Mesoamerica. *Open One*, 9(2), 1-11, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088463>
- Bacon, C. M., Sundstrom, W. A., Stewart, I. T. y Beezer, D. (2017). Vulnerability to Cumulative Hazards: Coping with the Coffee Leaf Rust Outbreak, Drought, and Food Insecurity in Nicaragua. *World Development*, 93, 136-152, doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.12.025>
- Ballinas, M., Esperón-Rodríguez, M. y Barradas, V. L. (2015). Estimating evapotranspiration in the central mountain region of Veracruz, Mexico. *Bosque (Valdivia)*, 36(3), 445-455, doi: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300011>
- Cabell, J. F. y Oelofse, M. (2012). An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience. *Ecology and Society*, 17(1), 1-13, doi: <https://doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
- Campbell, D. (2021). Environmental change and the livelihood resilience of coffee farmers in Jamaica: A case study of the Cedar Valley farming region. *Journal of Rural Studies*, 81, 220-234, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.027>
- Cerda, R., Allinne, C., Gary, C., Tixier, P., Harvey, C. A., Krolczyk, L., Mathiot, C., Clément, E., Aubertot, J. N. y Avelino, J. (2017). Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *European Journal of Agronomy*, 82, 308-319, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.09.019>
- Cerón, V. A., Fernández, G., Figueroa, A. y Restrepo, I. (2020). The approach of socio-ecological systems in environmental sciences. *Investigación & Desarrollo*, 27(2), 85-109, doi: <https://doi.org/10.14482/indes.27.2.301>
- Cruz, V. y Martínez, J. (2023). El agroecosistema como sistema social. *Interciencia*, 48(2), 102-109.

- Davidson, J. L., Jacobson, C., Lyth, A., Dedekorkut-Howes, A., Baldwin, C. L., Ellison, J. C., Holbrook, N. J., Howes, M. J., Serrao-Neumann, S., Singh-Peterson, L. y Smith, T. F. (2016). Interrogating resilience: Toward a typology to improve its operationalization. *Ecology and Society*, 21(2), art27, doi: <https://doi.org/10.5751/ES-08450-210227>
- Donovan, J. y Poole, N. (2014). Changing asset endowments and smallholder participation in higher value markets: Evidence from certified coffee producers in Nicaragua. *Food Policy*, 44, 1-13, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.09.010>
- Eakin, H., Tucker, C. y Castellanos, E. (2005). Market Shocks and Climate Variability: The Coffee Crisis in Mexico, Guatemala, and Honduras. *Bio One*, 25(4), 305-309.
- Falco, C., Galeotti, M. y Olper, A. (2019). Climate change and migration: Is agriculture the main channel? *Global Environmental Change*, 59, 101995, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101995>
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Shapin, T. y Rockstrom, J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, 15(4), 1-10.
- Frank, E., Eakin, H. y López-Carr, D. (2011). Social identity, perception and motivation in adaptation to climate risk in the coffee sector of Chiapas, Mexico. *Global Environmental Change*, 21(1), 66-76, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.11.001>
- Gabriel-Hernández, L. y Barradas, V. L. (2024). Panorama of Coffee Cultivation in the Central Zone of Veracruz State, Mexico: Identification of Main Stressors and Challenges to Face. *Sustainability*, 16(2), 802. <https://doi.org/10.3390/su16020802>
- Gallardo, F., Nava, M. y Martínez, S. (2018). Cambios en agroecosistemas campesinos del estado de Veracruz, México, por efecto de migración internacional. *Agro-Productividad*, 6(2).
- García, C., Gómez, F., Bruno, A., Rosas, A., Servin, R. y Muños, R. (2018). Identificación de elementos identitarios en la región de las altas montañas de Veracruz. *Agroproductividad*, 11(8), 95-100.
- García, F. y Mora, J. (2023). Exploring the impacts of Internet access on poverty: A regional analysis of rural Mexico. *New Media & Society*, 25(1), 26-49, doi: <https://doi.org/10.1177/14614448211000650>
- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, A., Vargas-Lopez, S. y Chulim-Estrella, N. (2020). Impacto del cambio climático sobre la producción de café. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(71), 1-18.
- Gunderson, L. H. (2000). Ecological Resilience-In Theory and Application. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(1), 425-439, doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.425>
- Harvey, C. A., Saborio-Rodríguez, M., Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Chain-Guadarrama, A., Vignola, R. y Alpizar, F. (2018). Climate change impacts and adaptation among smallholder farmers in Central America. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 57, doi: <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0209-x>
- Herrera, O., Parra, M., Guerrero, C. y Soto-Pinto, L. (2024). Lifeways of families in coffee-growing territories: vulnerability and response capacity. *Community Development Journal*, 2024, bsae027, DOI: <https://doi.org/10.1093/cdj/bsae027>
- Holling, C. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.
- Jaramillo, J. L., Guerrero, J., Vargas, S. y Bustamante, A. (2021). Use of agricultural technology, yields and economic profitability of small-scale producers (*Coffea arabica* L.). *Agro Productividad*, doi: <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i11.1995>
- Jaramillo, J. L., Guerrero, J., Vargas, S. y Bustamante, A. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1), doi: <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170>
- Jha, S., Bacon, C. M., Philpott, S. M., Ernesto Méndez, V., Läderach, P. y Rice, R. A. (2014). Shade Coffee: Update on a Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 64(5), 416-428, doi: <https://doi.org/10.1093/biosci/biu038>
- Lei, Y., Wang, J., Yue, Y., Zhou, H. y Yin, W. (2014). Rethinking the relationships of vulnerability, resilience, and adaptation from a disaster risk perspective. *Natural Hazards*, 70(1), 609-627, doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0831-7>
- López, D. y Carrascosa, M. (2023). Agroecology-oriented farmers' groups. A missing level in the construction of agroecology-based local agri-food systems? *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 47(7), 996-1022, doi: <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2217095>
- Lorea, F. y Munn, D. (2005). *Estudio florístico de los bosques mesófilos de la Sierra Mazateca de Oaxaca, México*. Instituto de Ecología A.C. División de Vegetación y Flora. Informe final. México D. F.: Conabio. 1-32.

- Machado, M. y Ríos, L. (2016). Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: revisión sistemática. *IDESIA*, 36(3), 141-151, doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292016005000002>
- Machado, M., Nicholls, C. y Ríos, L. (2018). Social-ecological resilience of small-scale coffee production in the Porce river basin, Antioquia (Colombia). *IDESIA*, 34(2), 15-23, doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005001801>
- Martínez, J. y Bustillo, L. (2010). La autopoiesis social del desarrollo rural sustentable. *Interciencia*, 35(3), 223-229.
- Martínez, J. y Casanova, L. (2018). Epistemic and Conceptual Orphanhood in the Sustainability of Agroecosystems. En A. Oliveira (Ed.), *Sustainability of Agroecosystems*, doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.74110>
- Meuwissen, M., Feindt, P. H., Spiegel, A., Termeer, C., Mathijs, E., Mey, Y. D., Finger, R., Balmann, A., Wauters, E., Urquhart, J., Vignani, M., Zawalińska, K., Herrera, H., Nicholas-Davies, P., Hansson, H., Paas, W., Slijper, T., Coopmans, I., Vroege, W., ... Reidsma, P. (2019). A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*, 176, 102656, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656>
- Moguel, P. y Toledo, V. (1999). *Café, luchas indígenas y sostenibilidad. El caso de México*. Primer Seminario Internacional de Caficultura Orgánica, Pereira, Colombia. 18, 23-36.
- Monterroso, A., Fernández, A., Trejo, R., Conde, A., Escandon, J., Villers, L. y Gay, C. (2014). Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Primera ed. DCMX: Universidad Nacional Autónoma de México, doi: <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2013.847867>
- Nelson, D. R., Adger, W. N. y Brown, K. (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), 395-419, doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- Nicholls, C., Henao, A. y Altieri, M. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al CC. *Agroecología*, 10(1), 7-31.
- Niggli, U., Sonneveld, M. y Kummer, S. (2023). Pathways to Advance Agroecology for a Successful Transformation to Sustainable Food Systems. En J. Von Braun, K. Afsana, L. Fresco y M. Hassan (Eds.), *Science and Innovations for Food Systems Transformation*. (pp. 341-359), doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_18
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419-422, doi: <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Palestina, M. I., Carranza, I., López, L., Torres, E. y Silva, S. E. (2021). Sustainability Assessment of Traditional Agroecosystems in the High Region of Yaonáhuac, Puebla, Mexico. *Environments*, 88(40), 1-21, doi: <https://doi.org/10.3390/environments8050040>
- Quintero, M., Gallardo, R. y Sánchez, P. (2022). The need for extra-agrarian peasant strategies as a means of survival in marginal rural communities of Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 52(1), 246-260.
- Rahn, E., Vaast, P., Läderach, P., Van Asten, P., Jassogne, L. y Ghazoul, J. (2018). Exploring adaptation strategies of coffee production to climate change using a process-based model. *Ecological Modelling*, 371, 76-89, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.009>
- Ramos, C. E. y Thomaz, E. L. (2017). Runoff Development and Soil Erosion in a Wet Tropical Montane Setting under Coffee Cultivation. *Land Degradation & Development*, 28(3), 936-945, doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.2567>
- Rivadeneira, J. y Ramírez, B. (2006). El comercio local del café a raíz de su crisis en la Sierra Norte de Puebla. *Revista Mexicana de Agronegocios*, X(18).
- Robles, H. (2011). *Los productores de café en México: problemática y ejercicio del presupuesto*. (Reporte 14 ed.). México: Mexican Rural Development Research Report.
- Ruiz, L. E. (2015). Adaptive capacity of small-scale coffee farmers to climate change impacts in the Soconusco region of Chiapas, Mexico. *Climate and Development*, 7(2), 100-109, doi: <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.900472>
- Shapiro, E., King, D., Rivera, A., Wang, S. y Finley, J. (2020). A participatory framework for feasibility assessments of climate change resilience strategies for smallholders: Lessons from coffee cooperatives in Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 18(1), 21-34, doi: <https://doi.org/10.1080/14735903.2019.1658841>
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020). *Estadísticas de producción agrícola: Café 1990-2020*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado en diciembre de 2020. <https://www.gob.mx/siap>
- Thompson, W. J., Varma, V., Joerin, J., Bonilla-Duarte, S., Bebbler, D. P., Blaser-Hart, W., Kopainsky, B., Späth, L., Curcio, B., Six, J. y Krütli, P. (2023). Smallholder farmer resilience to extreme weather events in a global food value chain. *Climatic Change*, 176(11), 152, doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-023-03586-1>

- Toledo, V. y Barrera, N. (2017). Political Agroecology in Mexico: A Path toward Sustainability. *Sustainability*, 9(2), 268, doi: <https://doi.org/10.3390/su9020268>
- Tucker, C. M., Eakin, H. y Castellanos, E. J. (2010). Perceptions of risk and adaptation: Coffee producers, market shocks, and extreme weather in Central America and Mexico. *Global Environmental Change*, 20(1), 23-32, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.07.006>
- Vázquez, P., Espinoza, J. D. J., González, A. y Guerrero, L. A. (2022). Características de productores y plantaciones de café en la zona norte de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 28, 101-111, doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3266>
- Venegas, A., Soto, L., Álvarez, G., Alayó, A. y Díaz, E. (2021). La diversificación de estrategias socioambientales en la familia campesina: Mecanismo de resiliencia ante la crisis del café en Chiapas. *Revista Pueblos y fronteras digital*, 16, 1-31, doi: <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2021.v16.510>