

Percepción de los efectos del cambio climático y prácticas de adaptación de los caficultores del Estado de Puebla, México.

Perception of climate change effects and adaptability practices of the coffee growers from Puebla, México.

Hernández-Castán, J.^{1*} , Tapia-Hervert Calderón, G.¹ 

¹ El Colegio de Puebla A.C. Grupo de investigación interdisciplinaria del programa de Doctorado en Desarrollo Regional Sustentable, 41 Pte 505, Puebla, Pue. México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Hernández-Castán, J., Tapia-Hervert Calderón, G. (2023). Perception of climate change effects and adaptability practices of the coffee growers from Puebla, México. *Revista Bio Ciencias*, 10 e1419. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1419>

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: September 17th 2022.

Accepted/Aceptado: January 30th 2023.

Available on line/Publicado: March 02th 2023.

RESUMEN

El trabajo buscó generar información de las características de los caficultores del Estado de Puebla, las afecciones climáticas experimentadas y las actividades que llevan a cabo para enfrentarlas. Para ello se aplicaron entrevistas en las macrorregiones cafetaleras de la entidad, se generó estadística descriptiva y se propusieron recomendaciones generales susceptibles de ser aplicadas a partir de un análisis de campo de fuerzas. El 84 % de los entrevistados son cafetaleros por herencia. Las variedades más empleadas son Arábica y Costa Rica. La sequía es la afectación climática más referida. El 46 % de los productores reporta impactos por fenómenos meteorológicos extremos. Para contrarrestar los efectos del cambio climático se emplean acciones con alcances diversos como barreras vivas, chapeo y limpieza. La macrorregión con mayores afectaciones es la Sierra Nororiental. La Sierra Norte presenta el número más elevado de estrategias de adaptación, así como actividades de innovación diferentes a las utilizadas en las otras zonas de estudio. Todas las macrorregiones han sustituido variedades con otras que impactan el modelo productivo tradicional. Se recomiendan 11 acciones sinérgicas a nivel de productor, finca y paisaje para fortalecer la caficultura en Puebla.

PALABRAS CLAVE: Cultivo Tradicional, Variedades, Sequía, Macrorregión.

*Corresponding Author:

Jesús Hernández-Castán. Grupo de investigación interdisciplinaria del programa de Doctorado en Desarrollo Regional Sustentable, 41 Pte 505, Puebla, Pue. México. Teléfono (222) 226 5400. E-mail: jesus.hernandez@colpue.edu.mx

ABSTRACT

The present work is an effort to generate information related to the characteristics of coffee growers in Puebla state, the climatic conditions experienced, and activities that they already carry out to confront them. Interviews were applied in the macro-regions of the state where coffee is produced, a descriptive statistic was generated and general recommendations were designed likely to be applied from a force-field analysis. 84 % of the producers are coffee growers by inheritance. Arabica and Costa Rica, followed by Robusta and Marsellesa are the most used varieties. 46 % of producers report the detrimental effects of extreme weather events. To counter the effects of climate change different techniques are used such as live barriers, mowing, and cleaning, among others. The most affected region by climate effects is the Sierra Nororiental. Sierra Norte presents a higher number of strategies to deal with it, as well as innovation activities different from those applied in the rest of the regions. All the macro-regions have begun to replace varieties with those that affect the traditional production model. Finally, 11 synergistic actions at the producer, farm, and landscape levels are recommended to strengthen the coffee growing in Puebla.

KEY WORDS: Raditional farming, Varieties, Drought, Macroregion.

Introducción

Los impactos derivados del cambio climático, como lo son las lluvias erráticas, el incremento en la temperatura, la disminución de los recursos hídricos o el aumento de fenómenos meteorológicos extremos, generarán efectos negativos en la producción y el bienestar humano principalmente en países en vías de desarrollo (Murillo *et al.*, 2018). Resulta urgente diseñar e implementar acciones que fortalezcan las estrategias de adaptación al mismo, que incluyan la investigación y extensión, fomenten la colaboración entre actores locales, den pie al intercambio de saberes y apoyen las estrategias comunitarias de planificación de cara a afrontar los retos venideros (Nelson *et al.*, 2009). Esto es particularmente necesario en medios rurales donde la población depende de la agricultura y, al mismo tiempo, tiende a estar más expuesta, así como en mayor condición de vulnerabilidad frente a los impactos negativos del clima (Altieri & Nicholls, 2008), entendiéndola como la susceptibilidad de afrontar los efectos negativos de las modificaciones en los patrones de temperatura, precipitación y los fenómenos meteorológicos extremos (IPCC, 2007).

La producción de café es altamente sensible al cambio climático, primordialmente por la ubicación geográfica de las zonas productoras, la pobreza, marginación y el nivel educativo de los productores, así como el limitado acceso a servicios y tecnologías por parte de los mismos (Jaramillo-Villanueva *et al.*, 2022). Esto es particularmente relevante para el café Arábico cuyo

cultivo es uno de los más extendidos en el mundo y el más producido en México (López-García *et al.*, 2016). Se prevé que los principales países productores llegarán a experimentar pérdidas drásticas en sus cosechas si no se toman medidas en el corto plazo. Tan solo el incremento de 0.5 grados centígrados que ya ha experimentado América Latina en los últimos años, está generando la aceleración en la maduración de los granos con un consecuente impacto en su calidad, por otra parte, la modificación de las épocas de lluvia y su alternancia con periodos de sol afecta la floración incidiendo en los volúmenes de producción (Muñoz, 2015). Estudios recientes demuestran que las variaciones en los patrones climáticos están provocando limitaciones en el crecimiento, interrupción de floración, poco desarrollo del fruto, mayor incidencia de plagas como la roya y por consecuencia, bajo rendimiento productivo en las plantaciones de café (Guerrero-Carrera *et al.*, 2020). Es probable que, de mantenerse la tendencia actual, el incremento de temperatura global llegue a 1,5 °C entre 2030 y 2052, lo que aumentaría los riesgos para los sistemas naturales y el ser humano (Masson-Delmotte *et al.*, 2018) y consecuentemente para la producción de café.

Si bien los impactos del cambio climático en la caficultura son diferentes para cada país e incluso entre las regiones productoras al interior de éstos, de manera general en el futuro los caficultores requerirán plantar antes, las cosechas se adelantarán, cambiarán las zonas adecuadas para el crecimiento, las temperaturas más altas favorecerán la proliferación de enfermedades, las lluvias menos frecuentes obligarán al uso de sistemas de irrigación y actividades como el secado del grano de manera natural se verán limitadas (Isaza & Cornejo, 2014). Estas afecciones influirán en la calidad y el precio en el mercado a lo que habrá que sumar el aumento en la incertidumbre económica por las variaciones del precio internacional, repercutiendo todo ello, en última instancia, en las estrategias de sobrevivencia de los caficultores (Robles, 2011; Morales *et al.*, 2020), quienes en general son altamente vulnerables al cambio climático. Lo anterior principalmente porque los ingresos que derivan de la producción no permiten la mejora en condiciones socioeconómicas clave (Guerrero-Carrera *et al.*, 2020). Datos disponibles de caficultores en el estado de Puebla muestran que los rendimientos derivados del grano se encuentran históricamente por debajo del salario mínimo, \$1,500.00 mensuales/per cápita (Tapia-Hervert, 2006) y \$1,288.50 mensuales/per cápita (Benítez-García *et al.*, 2015) y que estos presentan en sitios altamente representativos de la actividad, un nivel escolar de 5 a 6 años solamente (Jaramillo-Villanueva *et al.*, 2022).

No obstante, diversas investigaciones sugieren que muchos productores ya se preparan y se adaptan para las fluctuaciones del clima realizando acciones para minimizar las pérdidas que podría generarles entre las que destacan, emplear variedades más resistentes, cosechar agua y fomentar mezclas de cultivos (Altieri & Nicholls, 2008; Moreira & Castro, 2016; Viguera *et al.*, 2019). También se exploran alternativas para darle valor agregado o para diversificar la producción, destacándose el café de especialidad, la generación de marcas locales y los subproductos y derivados, así como la búsqueda de mercados más rentables con base en criterios de responsabilidad socio-ambiental (Pérez-Akaki, 2009). De esta forma, la adaptación de los caficultores al cambio climático puede definirse como un proceso de ajuste al clima y sus efectos, para tratar de moderar o evitar los daños, así como aprovechar las oportunidades que ello genera (IPCC, 2014).

La manera en que dicha adaptación ocurre, así como las barreras a las que se enfrenta, puede comprenderse bajo el paradigma de los sistemas socio-ecológicos considerando tres aspectos clave, los actores (caficultores), los objetos sobre los que actúan (fincas) y el contexto donde éstos se desarrollan (territorio) (Moser & Ekstrom, 2010), estando influenciada por la percepción de los caficultores respecto a las amenazas climáticas, pues esta es un proceso de extracción y selección de información relevante que permite detonar la toma de decisiones, en este caso para adecuarse a las variaciones del clima (Jaramillo-Villanueva *et al.*, 2022).

Ya que los impactos del cambio climático en torno a la producción de café se experimentan a nivel local, y dado que las respuestas de adaptación a este se dan en lugares y regiones específicas (Embden Drieshaus & Epping Consulting GMBH, 2016), resulta fundamental el conocer los aspectos antes mencionados en cada una de las diversas zonas en las que se pretendan fortalecer proyectos de cambio y diseñar líneas estratégicas de acción. Es por lo anterior, que el presente trabajo buscó generar para las distintas regiones productoras del estado de Puebla, información relativa a características de los productores, afectaciones climáticas experimentadas, percepción respecto a las mismas y las actividades que llevan a cabo para adaptarse.

Material y Métodos

La zona de estudio comprendió cuatro macrorregiones del estado de Puebla en las que se englobaron las nueve regiones cafetaleras de la entidad. A continuación, se describen brevemente.

Macrorregión Valle de Serdán

Se encuentra representada por la región cafetalera de Quimixtlán, aquí se ubica el antepenúltimo y el penúltimo municipio en términos de producción de café en la entidad. Se prevé que para el 2039, derivado del cambio climático, en la zona se reduzca más de la mitad de la superficie que hoy es ideal para el cultivo (Hernández-Castán, 2022).

Macrorregión Sierra Negra

Integrada exclusivamente por la zona productora de café que lleva el mismo nombre, prospectivas calculadas por Hernández-Castán (2022) para 2039 indican que los sitios de mayor idoneidad para el cultivo, en términos de temperatura y precipitación, podrían desaparecer de este territorio primordialmente en las zonas de mayor producción.

Macrorregión Sierra Nororiental

Esta macrorregión comprende tres regiones cafetaleras: Huehuetla; Zacapoaxtla y Teziutlán. Aquí se ubica el municipio productor de café más discreto de la entidad. Al igual que en el caso anterior, se espera que para 2039 en el conjunto disminuyan casi en su totalidad la superficie óptima para el cultivo, ello derivado de un incremento en la pluviosidad y también en las temperaturas máximas de la zona (Hernández-Castán 2022).

Macrorregión Sierra Norte

Es la macrorregión de mayor tamaño, se encuentra integrada por las regiones de Xicotepec, la más productiva del estado; la región de Huauchinango, Zacatlán y la de Chignahuapan. Hernández-Castán (2022) calcula que para 2039 el 96 % de la región presentará condiciones de precipitación y picos extremos de temperatura en los meses más calurosos del año que no favorecerán el cultivo de café.

Durante abril, mayo y junio del 2022 se realizaron vía telefónica un total de 84 entrevistas semiestructuradas a productores de las cuatro macrorregiones descritas, lo que constituyó un muestreo cualitativo que representa un nivel de confianza del 95 % con un error máximo de 10.59 % considerando la población de 40,466 productores que se tienen registrados para la entidad (SDRSOT, 2017). La disponibilidad de productores para cada región dificultó la distribución de entrevistas en las diferentes zonas de trabajo, sin embargo, se realizó un mayor esfuerzo dirigido a las áreas de más superficie y producción de la entidad, habiéndose llevado a cabo 4 encuestas en Valle de Serdán, 16 Sierra Negra, 19 Sierra norte, 45 en Sierra Nororiental.

Los respuestas obtenidas se categorizaron en función de los efectos del cambio climático percibidos por los cafecultores entrevistados, las afecciones que implican para la producción de café y para sus medios de vida, las estrategias actualmente empleadas para adaptarse a los mismos, la relación que se guarda con la biodiversidad presente en las áreas de cultivo, los principales impedimentos para la adaptación a los que se enfrentan y los aspectos de atención prioritaria que se necesitan para superarlos. Igualmente se obtuvo información general de los productores, variedades empleadas, promedio del tamaño de finca y tiempo de dedicarse al cultivo. Con la información obtenida se procedió a realizar estadística descriptiva.

Adicionalmente, para identificar acciones estratégicas de cambio, la información fue procesada mediante la técnica de análisis del campo de fuerzas, que sirve para identificar los cursos de acción más viables en torno a procesos de transformación (Baulcomb, 2003). El abordaje desde el enfoque del campo de fuerzas posibilita el estudio de una situación dada desde una perspectiva de totalidad, para lo cual se asigna una valencia negativa a todo elemento contextual que imposibilita a un individuo el alcanzar una meta deseada, así como una positiva a aquello que le potencia. De esta forma se facilita identificación de las acciones más viables o inviables que pueden impulsarse desde las fuerzas transformadoras o restrictivas categorizadas (Rivera, 2019).

Resultados

Del total de entrevistados 23 % fueron mujeres y 77 % hombres, el 84 % se identificó como cafetalero por herencia, es decir productor de segunda generación o más. El 91 % externó la intención de seguir dedicándose a la actividad en el futuro. El 56 % de los entrevistados declaró realizar cultivo tradicional, 23 % cultivo comercial, 16 % monocultivo y/o cultivos a pleno sol, mientras que sólo un 5 % cultivo rusticano. Las variedades más empleadas fueron Arábiga y Costa Rica, seguidas por Robusta y Marsellesa (Figura 1), con 15 %, 12 %, 11 % y 11 % respectivamente.

En las plantaciones donde fue posible identificar otros productos en combinación con el café (84 %), la de árboles frutales resultó la combinación más frecuente con un 51 % de incidencia, seguida por la de plantas comestibles no arbóreas con 32 %. Cabe destacar que, de ésta última, el 16% fueron referidas como silvestres

La sequía fue la afectación climática más referida por los productores, el 88 % de ellos manifestaron padecerla, le siguió la lluvia torrencial con un porcentaje de 82 %. Otras cuatro afectaciones climáticas también fueron reportadas para la entidad, en orden de frecuencia se encontraron los deslaves, lluvias retrasadas, heladas e incendios (Figura 2). Los principales impactos asociados por los caficultores a las citadas afecciones fueron la pérdida de flor-fruto, la baja en la producción y la alteración de los ciclos de producción (Figura 3). El 46 % de los productores manifestó haber sido afectado por fenómenos meteorológicos extremos como el huracán Grace en 2020. Respecto a la parcela en general, los impactos mayormente reportados se asociaron a pérdida de suelo, árboles derribados, pérdida de cosechas/plantas, incremento de la erosión y deslaves.

Para hacer frente a estas afecciones los productores de café reportaron la realización de siete acciones distintas. La más frecuente fue el chapeo y limpieza (30 %), seguida del terraceo (20 %) y otras técnicas de protección de suelos como la retención física con material leñoso (17 %) y las curvas de nivel (11 %). El resembrado resultó ser la actividad menos efectuada (3 %). Por su parte, el 100 % de quienes ejecutaron chapeo y limpieza comentaron percibir la necesidad de hacerlo con mayor frecuencia y en ciclos más cortos. Acciones como el uso de barreras vivas, no fueron las más frecuentes (7 %), sin embargo, el 100 % de los entrevistados que las llevaron a cabo, coincidieron en que ello les ha generado resultados favorables para minimizar el efecto de fenómenos meteorológicos extremos como huracanes, por ejemplo.

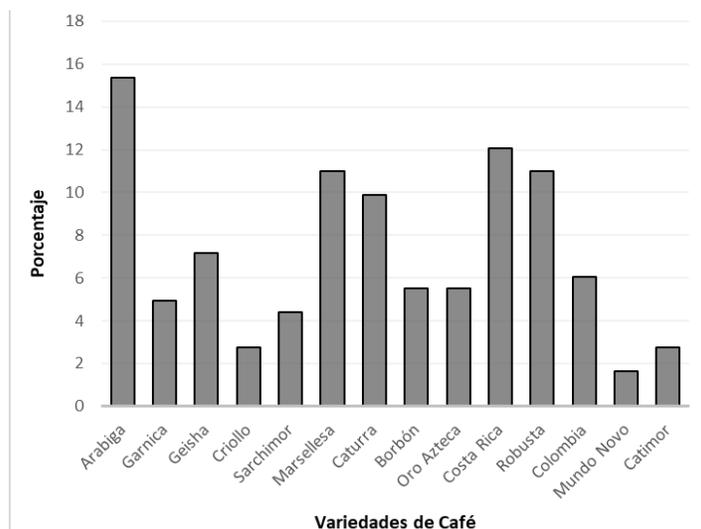


Figura 1. Distribución de variedades plantadas (porcentaje).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio.

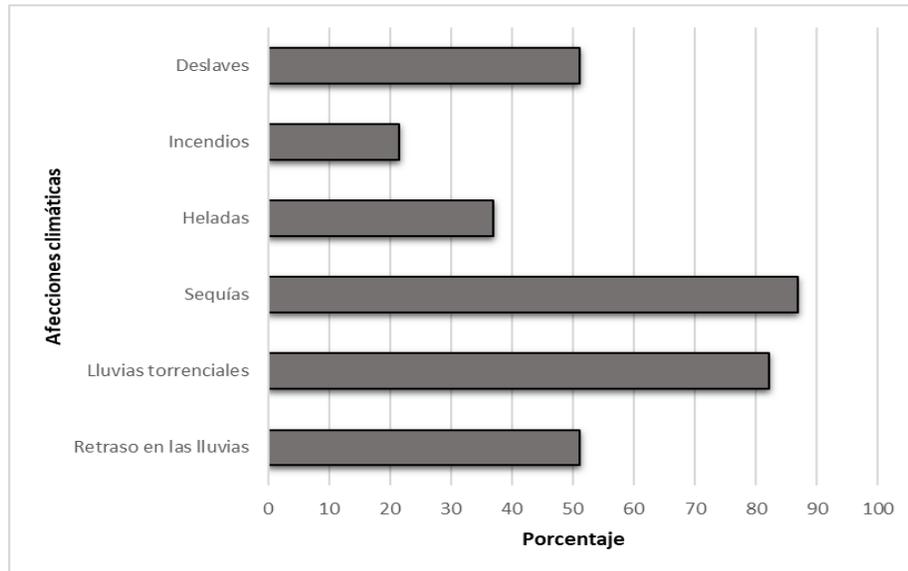


Figura 2. Principales afecciones climáticas (porcentaje).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio.

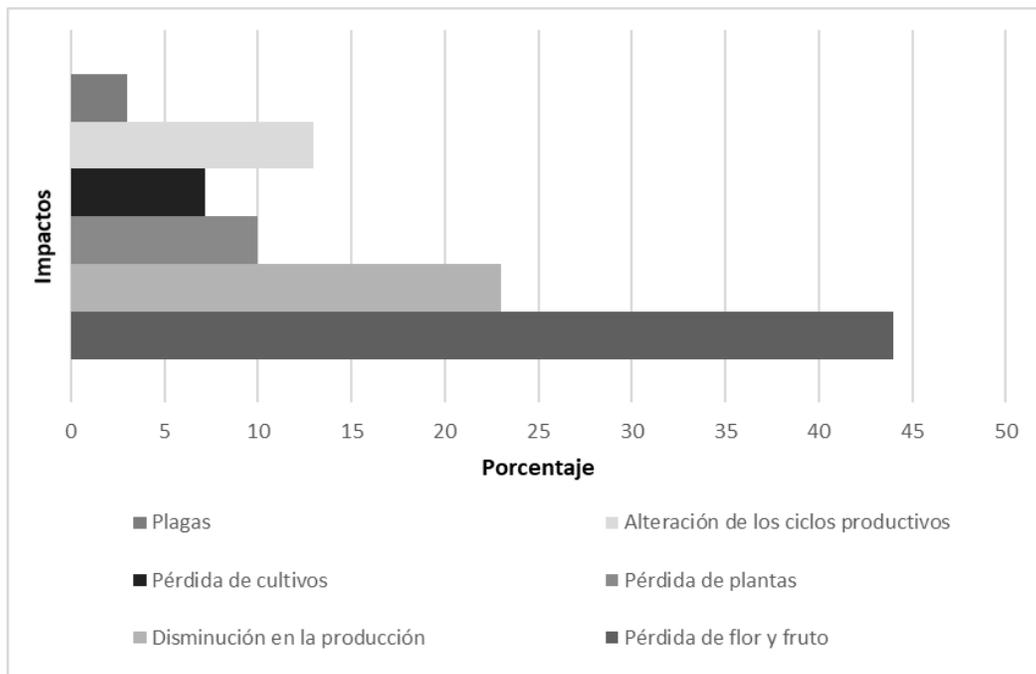


Figura 3. Principales impactos en los cultivos (porcentaje).

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio.

El 76 % de los productores consideró que la pérdida de bosques es perjudicial para el cultivo pues incide negativamente en la humedad y la temperatura. Por otra parte, el 73 % de los entrevistados percibió a la biodiversidad como importante para la actividad, principalmente por el aporte de ésta a servicios ecosistémicos (ES) como la polinización. Además, identificaron otros beneficios de ambos elementos como son, el aporte de agua, la seguridad alimentaria, la provisión de madera o el control natural de plagas.

Particularidades por macrorregión

Tomando como base las entrevistas realizadas y las macrorregiones sujetas al presente estudio, a continuación, se describen las condiciones reportadas por los productores en cada una de ellas. Se presenta también el análisis de campo de fuerzas correspondiente como un aporte para facilitar el diseño de acciones de adaptación efectiva en cada sitio.

Macrorregión Valle de Serdán

Si bien los caficultores reportaron percibir ya alteraciones climáticas como retraso en las lluvias (75 % de los entrevistados), también se hicieron presentes afectaciones ambientales como pérdida de suelo e incendios (50 % de los entrevistados), no obstante, un tercio de las fuerzas detractoras detectadas en las entrevistas realizadas se relacionaron con la presencia de plagas (50 % de los encuestados). Se registró aquí una alta incidencia de predios menores a 1.5 hectáreas (33 %), así como la ausencia de tostado o molienda del grano. Se ha empezado a migrar de cultivo hacia el aguacate Hass. Los productores reportaron aplicar cuatro acciones principalmente para contrarrestar las problemáticas identificadas: diversificación de variedades, terraceo, curvas de nivel y chapeo/abonado (Tabla 1).

Macrorregión Sierra Negra

En relación a las alteraciones climáticas, los productores reportaron sequías muy fuertes y prolongadas (68 %), lluvias torrenciales (68 %), incendios (25 %), pérdida de manantiales (87 %) y, al igual que en el caso anterior, retrasos en las lluvias (62 %). También se manifestaron problemáticas ambientales como deslaves y pérdida de bosques (37 %). Existe poco desarrollo de marcas (10 %), adicionalmente se reportó la falta de organización por parte de los productores y cambios de uso de suelo motivados por la extensión de la ganadería proveniente del estado de Veracruz. Cerca de la mitad de los productores comentaron poseer parcelas menores a 1.5 ha, donde el único cultivo es café con una alta dominancia de la especie *Coffea Robusta* (75 %), misma que se vende principalmente a nivel local (68 %). Es destacable que un 84 % de los entrevistados para esta macrorregión reportó mantener sistemas agroforestales, con especies arbóreas vinculadas a la provisión de sombra, así como especies no arbóreas principalmente comestibles, teniendo ello el sentido de completar la dieta y la salud (Tabla 2).

Tabla 1. Análisis del campo de fuerzas para la macrorregión Valle de Serdán.

Fuerzas impulsoras	Cambio deseado	Fuerzas detractoras
Alto porcentaje de sombra (Mayor al 50 %)		Retraso en lluvias alternados con periodos de sequía (75 %)
Alto incidencia de profesionistas (60 %)		Incendios forestales (50 %)
Alto arraigo a la producción (66 % de productores de 3 o más generaciones)		Producción discontinua (100 %)
Diversificación de variedades (100 %)		Pérdida de bosques (50 %)
Aplicación de terraceo (50 %)		Pérdida de suelo (50 %)
Aplicación de curvas de nivel (50 %)		Pérdida de manantiales (50 %)
Aplicación de chapeo y abonado (100 %)	Adaptación efectiva de la producción de café ante el cambio climático	Presencia de Broca (50 %)
Alta incidencia del reconocimiento de la importancia de los bosques para la conservación de la humedad y control de temperatura (100 %)		Presencia de Roya (50 %)
Alta incidencia del reconocimiento de la importancia de la biodiversidad para la polinización y control biológico (100 %)		Presencia de Palomilla (50 %)
		Presencia de pulgón (50 %)
		Presencia de barrenador (50 %)
		No incremento al valor agregado (75 %)
		Venta Local (100 %)
		Cambio de cultivo por siembra de aguacate Hass (50 %)
		Alta incidencia de parcelas menores a 1.5 ha (33 %)
Ingresos diversificados (Remesas, Comercio) (100 %)		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio.

Macrorregión Sierra Norte

Presenta condiciones muy particulares en relación a las demás, aquí si bien los productores reportaron alteraciones climáticas como retraso en los ciclos de lluvia (37 %) y lluvias torrenciales en alternancia con sequías (95 %), deslaves y erosión de suelo (42 %), también identificaron afectaciones por heladas (68 %), lo que ha conducido a la percepción de incremento en la pérdida de flores y frutos; es la única zona en la que se percibe un aumento significativo de las cárcavas (16 %). Se manifestó la realización de cambios en las variedades tradicionalmente cultivadas

para fomentar la adaptación, sin embargo, los cafetos hasta ahora introducidos han resultado dependientes del uso de agroquímicos y así como de un modelo de producción a pleno sol. Esta macrorregión fue la única que presentó experiencias de certificación Carbono Neutro (1), también registró fincas con certificación orgánica (9), así como algunas zonas de producción en las que se han desarrollado actividades de innovación, cooperación con organismos de investigación y agencias de desarrollo (1). Asimismo, se ubicó aquí una alta incidencia al valor agregado (83 %) (Tabla 3).

Tabla 2. Análisis del campo de fuerzas para la macrorregión Sierra Negra.

Fuerzas impulsoras	Cambio deseado	Fuerzas detractoras
Alto arraigo a la producción (60 % de productores de 3 o más generaciones)		Alta dominancia de una sola variedad (Robusta) (75 %)
Alta intención de seguir produciendo café (100 %)		Alta incidencia de parcelas menores a 1.5 ha (46 %)
Aplicación de terraceo (50 %)		Bajo grado de escolaridad (26 % profesionistas)
Aplicación de curvas de nivel (43 %)		Retraso en las lluvias (62 %)
Aplicación de chapeo y abonado (68 %)		Lluvias torrenciales (68 %)
Alta incidencia del reconocimiento de la importancia de los bosques para regular la temperatura y humedad (100 %)		Muy fuerte sequías con periodos de sequía muy largos (68 %)
Aplicación de técnicas de goteo para riego y ahorro de agua (46 %)	Adaptación efectiva de la producción de café ante el cambio climático	Incendios forestales (25 %)
Aplicación de controles biológicos (37 %)		Deslaves (37 %)
Adición de valor (31 %)		Poca producción por las alteraciones del clima (50 %)
Ingresos diversificados (Agricultura, Ganadería, Comercio) (68 %)		Erosión del suelo (37 %)
		Pérdida de bosques (37 %)
		Pérdida de manantiales (87 %)
		Presencia de broca (62 %)
		Incipiente presencia de roya (19 %)
		Presencia de barrenador (37 %)
		Bajo desarrollo de marcas propias para comercialización (10 %)
		Principalmente venta a nivel local (68 %)
		Falta de grupos organizados (19 %)
		Cambio de uso del suelo para ganadería (19 %)
		Alta incidencia de la falta de reconocimiento del valor de la biodiversidad para la oferta de servicios ecosistémicos (40 %)
Alta incidencia de agroforestería (84 %)		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio.

Resulta remarcable que en esta macrorregión el 100 % de los encuestados manifestó poseer superficies de producción mayores a 1.5 ha, lo que también difirió del resto de las zonas de análisis. El 72 % de los productores identificaron la polinización como servicio ecosistémico y en general el 85 % de los entrevistados reconoció la importancia de éstos. Referente a las prácticas de manejo realizadas, esta es la única macrorregión donde los caficultores externaron el uso acolchados para retener humedad e incidir en la temperatura del suelo (10 %), así como estacas a las que amarran las plantas de café para hacerle frente a los fuertes vientos (10 %). En esta zona se registró una experiencia de incorporación del turismo como parte de las actividades de diversificación productiva para complementar el ingreso de los productores.

Macrorregión Sierra Nororiental

Este sitio de análisis es donde los productores identificaron una mayor cantidad de impactos ambientales como retraso en las lluvias (53 %), lluvias torrenciales en alternancia con sequías (89 %), heladas (40 %), caída de aguanieve (5 %) y aumento en la incidencia de fenómenos meteorológicos extremos como huracanes y tormentas tropicales (49 %). Coincidió con otras zonas al manifestarse la incidencia de deslaves (68 %), erosión del suelo (78 %), producción discontinua (31 %) y decremento de los rendimientos (33 %), pero a diferencia de ellas aquí, además, se registraron alteraciones en la maduración tanto de plantas como de frutos (13 %), así como pérdidas totales de plantas y cultivos (24 %).

Esta macrorregión también ha iniciado una migración de variedades de café de sombra hacia aquellas que implican cultivos a pleno sol, el 68 % de los productores que participaron reportaron menos del 50 % de café de sombra como variedad principal. Entre las prácticas realizadas para fomentar la adaptación se encontraron el terraceo (24 %), las curvas de nivel (29 %), la diversificación de variedades (89 %), el chapeo y abonado (96 %), así como la aplicación de barreras vivas (24 %).

Si bien la mayor parte de los entrevistados refiere no dar valor agregado al café (60 %), también se registraron, como en el caso de la Sierra Norte, marcas con certificaciones de calidad como café orgánico (24 % de los entrevistados), así como actividades de innovación relativas a la colaboración con tiendas detallistas y diversificación de productos mediante la elaboración de licores y confitería (13 %). Esta es la única zona que presentó a una experiencia de incorporación de apicultura como una actividad productiva complementaria a la producción de café (Tabla 4).

Discusión

De acuerdo a los resultados de las entrevistas realizadas, la mayor parte de los caficultores en la entidad fueron hombres; esto es similar a lo que ocurre en otras zonas de país (Hernández-Sánchez & Travieso-Bello, 2021; Jaramillo-Villanueva *et al.*, 2022). Igualmente, la dominancia en Puebla del sistema de cultivo tradicional respecto a otros como el rusticano o la producción a pleno sol, resultó similar a la reportada por Escamilla-Prado *et al.* (2021) para el estado de Chiapas (52 %).

Tal como comentan López-García *et al.* (2016), la principal variedad cultivada en México es la Arabiga, lo cual es coincidente con los resultados del presente trabajo. No obstante, a diferencia del citado autor, derivado de las entrevistas realizadas, en Puebla se reportó como segunda variedad más producida el café Costa rica, seguido por el Marsellesa. Esto último es consistente con lo registrado a nivel local en estados como Oaxaca, donde dichas variedades ocupan los primeros puestos en cuanto a plantación se refiere (García-Domínguez *et al.*, 2021).

Tabla 3. Análisis del campo de fuerzas para la macrorregión Sierra Norte.

Fuerzas impulsoraS	Cambio deseado	Fuerzas detractoras
Alto arraigo a la producción (50 % de productores de 3 o más generaciones)	Adaptación efectiva de la producción de café ante el cambio climático	Presencia de cultivos (34 %) con bajos porcentajes de sombra (Menor a 40 %)
Alta intención de seguir produciendo café (100 %)		Incremento de cultivos a pleno sol (26 %)
Presencia de cultivos con altos porcentajes de sombra (Mayor a 60 %)		Bajo incidencia de profesionistas (30 %)
Diversificación de variedades (84 %)		Alto incidencia de parcelas dedicadas exclusivamente a café (72 %)
Alta incidencia de parcelas con superficie mayor a 1.5 ha (100 %)		Retraso en las lluvias (37 %)
Aplicación de terraceo (58 %)		Lluvias torrenciales (95 %)
Aplicación de curvas de nivel (69 %)		Sequías (69 %)
Aplicación de chapeo y abonado (95 %)		Heladas (68 %)
Aplicación de acolchados (10 %)		Deslaves (42 %)
Siembra de árboles de sombra/Reforestación (16 %)		Pérdida de flores y frutos (74 %)
Uso de estacas para proteger las plantas frente a fuertes vientos (10 %)		Poca producción como resultado de las alteraciones del clima (52 %)
Alta incidencia del reconocimiento de la importancia de los bosques para regular la temperatura y humedad (87 %)		Erosión de suelo (42 %)
Alta incidencia del reconocimiento de la importancia de los bosques para la auto regulación, conservación y mantenimiento del ciclo del agua (87 %).		Aumento significativo de cárcavas (16 %)
Alta incidencia del reconocimiento del valor de la biodiversidad para la oferta de servicios ecosistémicos como polinización y generación de biomasa en gran parte de los productores (72 %)		Presencia de broca (32 %)
Alta incidencia en el incremento al valor (83 %, venta en pergamino, tostado o molido)		Presencia de Roya (57 %)
Presencia de marcas certificadas bajo sellos de carbono neutro, turismo y café de especialidad (21 %).		Alta incidencia de uso de agroquímicos (33 %)
Incipiente diversificación de mercados (20 % - CDMX; Querétaro, Norte de México)		Alta incidencia de venta local (61 %)
Desarrollo incipiente de actividades de innovación (20 % - Colaboración con tiendas, cooperaciones internacionales, instituciones de investigación)		Cambio de variedades a organismos resistentes pero dependientes de agroquímicos (26 %)
Ingresos diversificados (Agricultura, Ganadería, Comercio, turismo) (84 %)		Baja incidencia en el uso de controles biológicos (13 %)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio.

Tabla 4. Análisis del campo de fuerzas para la macrorregión Sierra Nororiental.

Fuerzas impulsoras	Cambio deseado	Fuerzas detractoras
Alto arraigo a la producción (44 % de productores son de 3ra generación o más)	Adaptación efectiva de la producción de café ante el cambio climático	Alta incidencia (68 %) de cultivos con porcentajes de sombra menores al 50 %.
Alta intención de seguir produciendo café (90 %)		Incremento de cultivos a pleno sol (38 %)
Diversificación de variedades (89 %)		Bajo incidencia de profesionistas (77 %)
Aplicación de terraceo (24 %)		Alta incidencia de parcelas menores a 1.5 ha (43 %)
Aplicación de curvas de nivel (29 %)		Incipiente aparición de monocultivos (10 %)
Aplicación de chapeo y abonado (96 %)		Retraso en las lluvias (53 %)
Aplicación de barreras vivas (24 %)		Lluvias torrenciales (89 %)
Aplicación incipiente (20 %) de controles biológicos y naturales para el manejo de plagas (aireación, plantas locales, cal).		Sequías (100 %)
Presencia de marcas y/o certificados bajo sellos de calidad (orgánico) (24 %)		Heladas (40 %)
Incipiente diversificación de mercados (17 % -CDMX, Japón y otros sitios de exportación)		Deslaves (68 %)
Desarrollo incipiente de actividades de innovación (13 % - Colaboración con tiendas, transformación a licores)		Pérdida de flores y frutos (73 %)
Ingresos diversificados (Agricultura, Ganadería, Comercio, Apicultura) (80 %)		Vientos muy fuertes (68 %)
Diversificación con sombra productiva (67 %)		Caída de aguanieve (5 %)
Alta incidencia del reconocimiento de la importancia de los bosques para regular la temperatura/Humedad (33 %)		Erosión de suelo (78 %)
Alta incidencia del reconocimiento del valor de la biodiversidad para la oferta de servicios ecosistémicos como polinización y generación de biomasa en gran parte de los productores (80 %)		Aumento en la incidencia de efectos de huracanes y tormentas tropicales (49 %)
		Presencia de plagas (82 %)
	Poca producción como resultado de las alteraciones del clima (33 %).	
	Producción discontinua derivada del clima (31 %)	
	Alteraciones en los ciclos de plantas y frutos (maduración principalmente) (13 %)	
	Pérdida total de cultivos derivado de eventos climáticos extremos (24 %)	
	Cambio de variedades a organismos resistentes pero dependientes de agroquímicos y de pleno sol (38 %)	
	Alta incidencia de venta local (61 %)	
	Alta incidencia de uso de agroquímicos (32 %)	
	No incremento de valor agregado (60 %)	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio.

La identificación de los riesgos climáticos por parte de las familias campesinas dedicadas a la producción de café en otras partes del mundo (Mulinde *et al.*, 2019) y también en México (Villers *et al.*, 2009; Rivera *et al.*, 2013), son coincidentes con las principales problemáticas encontradas en el presente estudio, como las lluvias prolongadas con alternancia de sequías, el deslizamiento de tierras y la pérdida de floración y frutos.

Ruiz (2014), indica para algunas otras zonas del País, que las acciones desarrolladas por los caficultores con el fin de hacer frente a los efectos del cambio climático han sido, mayoritariamente, limitadas y su aplicabilidad si bien satisface elementos en el corto plazo, puede aumentar la vulnerabilidad de los productores en una escala temporal más amplia. Lo anterior es congruente con lo encontrado para el estado de Puebla pues, la sustitución de variedades principalmente por aquellas de pleno sol podría fomentar la deforestación incrementando las variaciones microclimáticas, los riesgos de deslizamientos de tierra, modificar las prácticas productivas y dificultar la adaptación efectiva en el futuro. Además, investigaciones conducidas por Sánchez *et al.* (2018) demuestran que, si bien cultivadores de café en lugares como Colombia han introducido variedades tolerantes a condiciones climáticas cambiantes, plagas y enfermedades, éstas no resultan tan productivas desde las experiencias recogidas directamente de estos. Lo que coincide con la percepción de los productores encuestados respecto a la necesidad de resembrar con mayor frecuencia y en ciclos más cortos. El uso de barreras vivas, escaso en la entidad de acuerdo a los resultados del presente estudio, se ha reportado con frecuencias muy superiores en otros estados como el de Veracruz (Hernández-Sánchez & Travieso-Bello, 2021), siendo el caso contrario aplicable a acciones como las curvas de nivel, pues en Puebla se reportó su aplicación con una frecuencia mucho mayor a lo que acontece en la vecina entidad.

Autores como Frank *et al.* (2011), consideran que la percepción del cambio climático es clave para dimensionar el fenómeno, su complejidad y posibles mecanismos de acción, lo que podría explicar que las zonas donde menos afecciones climáticas resultan percibidas hoy día, aunque con importantes perspectivas de cambio de temperatura y humedad en el futuro, fueron donde se manifestó una menor variedad de acciones de manejo (macrorregiones Valle de Serdán y Sierra Negra). La alta presencia de sistemas agroforestales en Sierra Negra en los que se han incluido especies alimenticias, coincide con la información de Olvera (2016), quien identificó 20 especies de quelites que se consumen en el municipio de Coyomeapan ubicado en la citada zona.

Trabajos previos como los conducidos por Benítez-García *et al.* (2015) indican, para algunas regiones del estado, tamaños de parcelas similares a los aquí encontrados. Lo mismo ocurre en otras entidades del país (García-Domínguez *et al.*, 2021), no obstante, el caso de la macrorregión Sierra Norte es singular pues como ha quedado expresado, allí las áreas de cultivo, con base en la muestra, son mayores.

La iniciativa global Coffee and Climate (Embden Drieshaus & Epping Consulting GMBH, 2016), reporta que las modificaciones en los regímenes de precipitación y temperatura, así como las tormentas, vientos intensos y friajes entre otros eventos climáticos, están afectando los niveles de productividad y la calidad del café. Por lo anterior, los caficultores se enfrentan a condiciones cada vez más impredecibles que alteran las condiciones del cultivo e inciden en la necesidad de

buscar variedades que toleren condiciones extremas, como lo reportado en las macrorregiones de Sierra Norte y Nororiental. En estas zonas, además, los resultados son coincidentes, en términos de las afecciones climáticas a la caficultura mayormente percibidas por los productores, con lo desarrollado por Hernández-Castán (2022), quien, mediante un análisis cartográfico con base en la información oficial disponible para México, evidencia un potencial mayor impacto del cambio climático en relación con la producción de café en estas zonas de la entidad.

El uso de barreras vivas principalmente para paliar los efectos de los fenómenos meteorológicos extremos reportado para la macrorregión Sierra Nororiental, también se registra en estados colindantes como Veracruz, donde además se asocia a la disminución de flujos de agua y reducción de la erosión del suelo (Hernández-Sánchez & Travieso-Bello, 2021).

La falta de estrategias regionales claras desde una visión holística para fomentar la producción de café, la reducción o desaparición de instancias rectoras en el tema, el otorgamiento de subsidios no armonizados y el estancamiento de la condición económica de los productores, se suman a los aspectos previos y pueden conducir a una adaptación al cambio climático no efectiva o limitada (Benítez-García *et al.*, 2015; Eakin *et al.*, 2004). Por lo anterior se deben diseñar e implementar acciones que favorezcan la adaptación de los productores basada en saberes locales, vigorizándose, además, los programas de investigación y extensión, así como la socialización de información existente (Nelson *et al.*, 2009). Además, y dado que la producción de café no ocurre en el vacío social, sino más bien es resultado de un proceso de interacción con la naturaleza, la habilidad de las comunidades para fortalecer su infraestructura social, tomar acuerdos y decidir, se configura también en un aspecto clave a potenciar de con la finalidad de hacer frente a las perturbaciones climáticas (Altieri & Nicholls, 2008; Altieri & Nicholls, 2013).

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo con el estudio, se pudo identificar que los caficultores en Puebla ya desarrollan acciones para enfrentar el cambio climático, sin embargo, el nivel de respuesta es disímil en las diversas macrorregiones de la entidad. En general resulta necesario reforzar actividades como el uso de barreras vivas, la aplicación de controles biológicos para el manejo de las plagas que aquejan a las diferentes regiones, recuperar la sombra en los cultivos y fortalecer la adición de valor; mismas que como parte del conocimiento explícito vertido en el presente trabajo y la bibliografía revisada, han demostrado ser acciones efectivas para mejorar la producción de café en un entorno climático cambiante.

Ejemplos del desarrollo de marcas propias están presentes en 3 de las 4 macrorregiones del estudio con excepción del Valle de Serdán, sin embargo, solo en una de éstas existen certificaciones asociadas a aspectos vinculados directamente con el clima, como es el caso de la certificación carbono neutro identificada en la Sierra Norte. Por otra parte, en esta misma macrorregión se desarrollan acciones de adaptación únicas en Puebla, como el uso de estacas para prevenir los efectos negativos de intensas rachas de viento y la cooperación con organismos de investigación, así como con agencias de desarrollo.

Es así que, en adición a lo ya comentado y derivado de las entrevistas realizadas, así como de la información referencial consultada, se recomiendan de manera indicativa más no limitativa, las siguientes acciones como susceptibles de ser implementadas para mejorar la percepción y

prácticas de adaptación al cambio climático de los caficultores del estado de Puebla:

En lo referente a las acciones que podrían desarrollar los caficultores en sus cultivos:

- Incrementar el manejo bajo sistemas agroforestales en los cultivos de café para regular el microclima y amortiguar los efectos negativos de las lluvias intensas.
- Modificar el calendario de actividades asociadas al cultivo para responder a los cambios en los ciclos de producción.
- Implementar el uso estacas para hacer frente a los vientos.
- Implementar el uso de acolchado para retener humedad y controlar la erosión.

En lo referente a las acciones que podrían fomentarse como intercambio de experiencias entre fincas de las diversas macrorregiones:

- Intercambio de saberes de productor a productor respecto a los beneficios ante el cambio climático del mantenimiento de sistemas agroforestales desde la macrorregión Sierra Negra hacia las otras zonas productoras de Puebla.
- Socializar las experiencias existentes de certificación orgánica y carbono neutro desde la macrorregión Sierra Norte al resto del estado.
- Intercambio de saberes de productor a productor respecto a los retos de la inclusión del turismo y la apicultura como formas de diversificación productiva asociadas al cafetal, ello desde la Sierra Norte y Nororiental al resto del estado.

En lo referente a las acciones que podrían ejecutar los tomadores de decisiones en el Territorio/paisaje:

- Incrementar la pertinencia de las variedades promovidas en función de aquellas adaptadas a los modelos de producción socialmente desarrollados en cada macrorregión, con especial énfasis en la conservación de la sombra productiva.
- Fortalecer el reconocimiento del valor de la biodiversidad en relación con la producción de café para propiciar el mantenimiento de esta y los beneficios que genera a la caficultura.
- Fomentar alternativas económicas complementarias a los productores que se basen en la preservación de bosques (por ejemplo el establecimiento de Unidades de Manejo de la Vida Silvestre y Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación).
- Fomentar el manejo de sistemas agroforestales que han ayudado a mitigar los efectos del Cambio Climático y a favorecer la permanencia de los Servicios Ecosistémicos.

Contribución de los autores

Conceptualización del trabajo, autor 1, autor 2; desarrollo de la metodología, autor 1, autor 2.; validación experimental, autor 1, autor 2.; análisis de resultados, autor 1, autor 2.; Manejo de datos, autor 1, autor 2.; escritura y preparación del manuscrito, autor 1, autor 2.; redacción, revisión y edición, autor 1, autor 2.; administrador de proyectos, autor 1; adquisición de fondos, autor 1. Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.

Financiamiento

Esta investigación fue financiada por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla, número de convenio 45/2022.

Declaración de consentimiento informado

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Agradecimientos

Gracias a los productores Abelardo Arturo Hernández Trujillo, Abundio Tellez Hernández, Adelfo Primitivo Ávila Mejía, Alberto Báez Báez, Albino Santos, Alejandra Carrión, Alejandro Luna Ramírez, Alejandro Nava, Alfonso López, Andrés Cuamayt, Antonio Goyri, Augurio Salazar Isidro, Basilio Álvarez, Belem Arias Reyes, Daniel Madero Luna, Diego Ruiz Pedraza, Edgar Balderas, Elías Carvallo Lobato, Esmeralda Marcial y Calixto Marcial, Emeterio Dolores Sánchez, Emeterio Dolores Sánchez, Facundo Ponce Méndez, Felipe Moreno Castañeda, Fernando López, Fernando Muños Cano, Floriberto Carrera Hernández, Fortino Guzmán Hernández, Gaspar Betanzos Fuentes, Gaudencio Hernández, Gerardo Amador Cruz, Germán Peralta, Gilberto Rodríguez Flandes, Giovanni Guerrero Ramos, Gregorio Contreras Chino, Griselda Tejeda, Gudío Valdivia Cillo, Homero Cazarez, Honorio González, Hugo Héctor Santos Amador, Inés Salomón, Germán Herrera Rosales, Silvestre Fernando Castro Rodríguez, Jacinto Gaona, Javier Méndez, Jesús Hernández, José Genaro Fuentes, José Mora Baez, Josefina Alvarado, Josefina Álvarez Casiano, Juan Hernández Hernández, Julia Ortega Carballo, Julián Claudia Lenus, Katya Laurisa Sandoval, Laurencio González Hernández, Lino Iturbide Cruz, Luka Lima Barrientos, Magali Reyes Gaosso y Saul Cruz Morales, Marcelino Serafín Filio, Margarito Cruz Cruz, María Asunción Álvarez Casiano, María Félix Serafín, María Guadalupe Rodríguez Lazcano, Mario Méndez, Mercedes González Salazar, Mercedes González Cruz, Miguel Florencio Felipe Becerra, Miguel Francisco Francisco, Nayeli Bautista Aparicio, Nazario Diego Téllez, Olivia Franco Tolentino, Oscar Adrián Lara, Pedro Méndez, Perla Violeta Campos Cabrales, Rafael Reyes Atlaco, Raúl Flores Salvador, Ricardo López, Roque Chico, Rosaliano Tirado, Rosendo Tilihii Ramiro, Ruperto Hernández López, Silvestre Avendaño, Sonia Cruz, Tomás Hernández García, Toribio Chino y Vicente Hernández Sánchez. Por su valiosa participación y disponibilidad para ser parte de este trabajo. A la Secretaría de Economía del Estado de Puebla, particularmente a Ángeles Martínez, por su apoyo en la identificación de actores clave. Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla, por fomentar la

realización de este tipo de trabajos y confiar en los investigadores relacionados al mismo.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Referencias

- Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2008). Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*, 3, 7-24. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/95471>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7–20. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/182921>
- Baulcomb, J. S. (2003). Management of change through force field analysis. *Journal of Nursing Management*, 11(4), 275–280. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2834.2003.00401.x>
- Benítez-García, E., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S., & Mora-Flores, S. (2015). Caracterización de la Producción y del Comercio de Café en el Municipio de Cuetzalan, Puebla. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12 (2), 181-198.
- Eakin, H., Gay, C., Estrada, F., & Conde Álvarez, A. (2004). Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México). En: C. Liñao, J. C. García, Á. D. Rasilla, P. Fernández, and P. Garmendia (Eds.), *El Clima entre el mar y la montaña* (651-660). Universidad de Cantabria.
- Emden Drieshaus & Epping Consulting GMBH (2016). La adaptación al cambio climático en la producción de café: Una guía paso a paso para apoyar a los productores de café en la adaptación al cambio climático. Iniciativa café & clima. Alemania. https://toolbox.coffeeandclimate.org/wp-content/uploads/cc-step-by-step-guide-for-climate-change-adaptation-in-coffee-production_SPANISH.pdf
- Escamilla-Prado, E., Tinoco, J., Pérez-Villatoro, H., Aguilar-Calvo, Á., Sánchez-Hernández, R., & Montejo, D. (2021). Transformación Socioecológica En El Agroecosistema Café Afectado Por Roya En Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44 (4), 643-653 <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.643>
- Frank, E., Eakin, H., & López, 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. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.11.001>
- García-Domínguez, J. U., Villegas, Y., Duran-Medina, E., Carrillo-Rodríguez, J. C., Sangerman-Jarquín, D. M., & Castañeda-Hidalgo, E. (2021). Descripción y análisis de productores de café de la región Mixe, Oaxaca. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 12(7), 1235–1247. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2781>
- Rivera Silva, M. D., Nikolskii Gavrillov, I., Castillo Álvarez, M., Ordaz Chaparro, V. M., Díaz Padilla, G., & Guajardo Panes, R. A. (2013). Vulnerabilidad de la producción del café (*Coffea arabica* L.) al cambio climático global. *Terra Latinoamericana*, 31(4), 305-31.
- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., & Estrella-Chulin, N. (2020). Impact Of Climate Change On Coffee Production. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(3). <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3288>

- Hernández-Castán, J. (2022). Análisis Cartográfico del Paisaje Cafetalero en Puebla. En enfoque socioecosistémico. Editorial Concytep. ISBN:978-607-8839-16-2. <https://concytep.gob.mx/publicaciones/libro-c-l-2022-06-66-analisis-cartografico-del-paisaje-cafetalero-en-puebla-un-enfoque-socioecosistemico#1>
- Hernández-Sánchez M. I., & Travieso-Bello, A. (2021). Measures Of Adaptation To Climate Change Among Coffee Organizations In The Central Zone Of Veracruz, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(1) <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3462>
- IPCC [Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático]. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf
- IPCC [Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático]. (2014). Cambio Climático 2014. Informe de Síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. Suiza. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Isaza, C. H., & Cornejo, J. M. (2014). Cambio climático y su impacto en el cultivo de café. Solidaridad. ISBN: 9789070526320. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/10/CambioClimaticoYCAfe.pdf>
- Jaramillo-Villanueva, J. L., Guerrero-Carrera, J., Vargas-López, S., & Bustamante-González, A. (2022). Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1). <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170>
- López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A., & Cruz-Castillo, J. G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Revista fitotecnica mexicana*, 39(3), 297-304. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000300297&lng=es&tlng=es
- Masson-Delmotte, V., Zhai, H.-O., Pörtner, D., Roberts, J., Skea, P. R., Shukla, A., Pirani, W., Moufouma-Okia, C., Péan, R., Pidcock, S., Connors, J. B. R., Matthews, Y., Chen, X., Zhou, M. I., Gomis, E., Lonnoy, T., Maycock, M. Tignor., & T. Waterfield (eds.]. (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24, <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>
- Morales, E., Chávez, S., Veneros, J., Díaz, E., Sánchez, T., & García, M. (2020). Efectos del cambio climático en fincas cafetaleras: una revisión bibliográfica con énfasis en Perú. *Apuntes Universitarios*, 11(1), 55–71. <https://doi.org/10.17162/au.v11i1.547>
- Moreira D., & Castro C. (2016). Resiliencia al cambio climático en el cultivo de café. Proyecto Euroclima. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3015/BVE17068933e.pdf?sequence=1>
- Moser, S., & Ekstrom, J. A. (2010). A framework to diagnose barriers to climate change adaptation. *PNAS*, 107(51), 22026-22031 <https://doi.org/10.1073/pnas.1007887107>
- Mulinde, C., Majaliwa, J., Twinomuhangi, R., Mfitumukiza, D., Komutunga, E., Ampaire, E., Asiimwec, J., Van Asten, P., & Jassogne, L. (2019). Perceived climate risks and adaptation drivers in diverse coffee landscapes of Uganda. *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences*, 88, 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.12.002>

- Muñoz, M. (2015). El cambio climático y la calidad del café. *Forúm Café*, 61,12. http://www.forumdelcafe.com/system/files/flipping_book/forumcafe_61/files/assets/basic-html/page12.html
- Murillo, L., Rivera, J., & Castizo, R. (2018). Cambio climático y desarrollo sostenible. Informe La Rábida-Huelva. Ministerio de Asuntos Exteriores. Gobierno de España. <http://www.huelvaamerica.es/es/informe-la-rabida>
- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M. Valmonte-Santos, R., Ewing, M., & Lee, D. (2009). Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Instituto internacional de investigaciones sobre políticas alimentarias. International Food Policy Reserach Institute (IFPRI) Washington. D.C. USA. ISB 9780896295377
- Olvera, A. A. (2016). ¡Qué viva el quelite! Recetario de Quelites de Coyomeapan, Puebla. Tesis de licenciatura, ENES, UNAM, Morelia, Michoacán. https://repositorio.unam.mx/contenidos/mayolito-in-kilitl-que-viva-el-quelite-recetario-de-quelites-de-coyomeapan-puebla-229043?c=4q8gw7&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0
- Pérez-Akaki, P., (2009). Los espacios de producción de café sustentable en México en los inicios del siglo XXI. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 4(7), 116-156. <https://www.redalyc.org/pdf/906/90611559006.pdf>
- Rivera, R. (2019). Implementación de la teoría de campo de Kurt Lewin en el Instituto Superior de Educación Público “Honorio Delgado Espinoza”, durante el período 2017. Tesis de maestría. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú.
- Robles, H. M., (2011). Los productores de café en México problemática y ejercicio del presupuesto. Woodrow Wilson International Center for Scholars. https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/documents/publication/Hector_Robles_Cafe_Monografia_14.pdf
- Ruiz, L. E. (2014). Adaptive capacity of smallscale coffee farmers to climate change impacts in the Soconusco region of Chiapas, Mexico. *Climate and Development*, 7(2): 100- 109. <https://doi.org/10.1080/17565529.2014.900472>
- Sánchez, V., Avendaño-Pizo, Y., Gaviria-Astudillo, A., & Gómez, Carlos. (2018). Cambio climático y café (*Coffea arábica*) en Acevedo, Huila: una lectura desde sus cultivadores. *I+D Revista de Investigaciones*, 12 (2), 54-63. <https://doi.org/10.33304/revinv.v12n2-2018006>
- SDRSOT [Secretaría de Desarrollo Rural, sustentabilidad y Ordenamiento Territorial del Estado de Puebla]. (2017). Programa de Trabajo Anual de Vigilancia Epidemiológica del Cultivo de Café a operar con recursos del Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria 2017. Gobierno del Estado de Puebla. Puebla. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20cafeto/Programas%20de%20trabajo/2017/PT%20VECC%20Puebla%202017.pdf>
- Tapia-Hervert, G., (2006). Alternativas Económicas Bioproductivas para un Sistema Agroforestal De Café De Sombra: El Caso de Sociedad Cooperativa Tosepan Titataniskej Cuetzalan, Puebla. Universidad Iberoamericana Puebla, Maestría en Estudios Regionales en Medio Ambiente y Desarrollo, Puebla.
- Viguera, B., Alpizar, F., Harvey, C., Martínez-Rodríguez, M- R., & Saborio-Rodríguez, M. (2019). Climate change perceptions and adaptive responses of small-scale coffee farmers in Costa Rica (In Spanish). *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 333-351. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.32905>
- Villers, L., Arizpe, N., Orellana, R., Conde, C., & Hernández, J. (2009). “Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México”. *Interciencia*, 34(5), 322-329. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=33911403004>