



# PERCEPCIÓN DE PEQUEÑOS PRODUCTORES RESPECTO A LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FLORACIÓN Y PLAGAS DE AGROECOSISTEMAS CAFETALEROS: UN ESTUDIO DE CASO †

[PERCEPTION OF SMALL PRODUCERS CONCERNING THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON FLOWERING AND PESTS IN COFFEE AGROECOSYSTEMS: A CASE STUDY]

Marta Escarlet Beristain-Moreno, Alejandra Ramirez-Martinez,  
David Sósol-Reyes\* and Francisco Osorio-Acosta

*Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, Tepetates, Manlio F. Altamirano, Veracruz. C.P. 91690, México. Email:*

*[beristain.martha@colpos.mx](mailto:beristain.martha@colpos.mx); [sosol.david@colpos.mx](mailto:sosol.david@colpos.mx)\*;  
[ramirez.alejandra@colpos.mx](mailto:ramirez.alejandra@colpos.mx); [fosorioa@colpos.mx](mailto:fosorioa@colpos.mx)*

*\*Corresponding author*

## SUMMARY

**Background.** The coffee production in Veracruz state is important in the economic, social, cultural, and environmental sectors, mainly for the small producers who are dedicated to this activity. However, this sector has different problems that have generated its stagnation or abandonment, some of these are caused by the effects of climate change, coupled with the inadequate management of coffee agroecosystems that favor deforestation, low biodiversity and the elimination of natural enemies of pest organisms. **Objective.** To assess the perception of small coffee producers about the relationship among flowering, pests and climate change in Sabanas, Veracruz. **Methodology.** Eleven producers were interviewed through a questionnaire with open questions that allowed them to state how they perceive coffee flowering, pest problems, climate change and how they relate to each other. Results. The main problems they mentioned are pests, drought, and delayed flowering. The main pests they mention are rust, nematodes, and the berry borer, and they also indicate the presence of the coffee stem borer, which they had not previously observed. Finally, they perceive that herbicides, deforestation and pollution negatively affect their agroecosystems. **Implications.** The work suggests carrying out monitoring in the study area and/or surrounding areas to know the dynamics and distribution of the pests present in the crop. **Conclusion.** Small producers relate the increase in severity and the occurrence of new pests with climate change. In addition, they observe that changes in temperature and precipitation influence the delay in flowering and generate certain stress in the plantations, which they consider it is aggravated by practices such as the application of herbicides and the removal of shade trees.

**Key words:** *Coffea arabica*; incidence; production.

## RESUMEN

**Antecedentes.** La producción de café en el estado de Veracruz tiene importancia en los ámbitos económico, social, cultural y ambiental, principalmente para los pequeños productores que se dedican a esta actividad. Sin embargo, este sector tiene distintos problemas que han generado su estancamiento o abandono, algunos de éstos son propiciados por efectos del cambio climático, aunado al manejo inadecuado de los agroecosistemas cafetaleros que favorecen la deforestación, la poca biodiversidad y la eliminación de enemigos naturales de organismos plaga. **Objetivo.** Valorar la percepción de pequeños productores cafetaleros sobre la relación entre la floración, presencia de plagas y el cambio climático en la localidad de Sabanas, Veracruz. **Metodología.** Se entrevistaron a 11 productores mediante un cuestionario con preguntas abiertas que les permitió enunciar cómo perciben los problemas de la floración, presencia de plagas, el cambio climático y cómo los relacionan entre sí. **Resultados.** las principales problemáticas que mencionaron son las plagas, la sequía y el desfase de la floración. Las principales plagas que mencionan son la roya, los nematodos y la broca, además indican la presencia del barrenador del tallo del café, el cual antes no habían observado. Finalmente perciben que los herbicidas, la deforestación y la contaminación afectan de forma negativa sus agroecosistemas. **Implicaciones.** El trabajo sugiere realizar monitoreos en la zona de estudio y/o aledañas para conocer la dinámica y distribución de las plagas presentes en el cultivo. **Conclusión.** Los pequeños productores relacionan el

† Submitted October 23, 2023 – Accepted May 6, 2024. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5226>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Marta Escarlet Beristain-Moreno: <http://orcid.org/0000-0002-7259-5782>; Alejandra Ramirez-Martinez: <http://orcid.org/0000-0002-9229-8224>; David Sósol-Reyes: <http://orcid.org/0000-0002-1148-9353>; Francisco Osorio-Acosta: <http://orcid.org/0000-0003-1716-7539>

aumento de severidad y la ocurrencia de nuevas plagas con el cambio climático, además, observan que los cambios en la temperatura y precipitación influyen en el desfase de la floración y genera cierto estrés en las plantaciones, el cual, consideran que se agrava con prácticas como aplicación de herbicidas y eliminación de árboles de sombra.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*; incidencia; producción.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de café (*Coffea arabica* L.) es importante a nivel mundial y es uno de los principales productos comercializados en el mercado internacional (Quintero y Rosales, 2014). Actualmente, México es el undécimo país productor de café en el mundo (FAOSTAT, 2018). A nivel nacional, Veracruz es la segunda entidad con más producción de café (229 849.02 t) y Huatusco, municipio de este estado, se encuentra entre los primeros cinco municipios con mayor producción (10 980 t) a nivel estatal (SIAP, 2021). La caficultura es muy importante en el municipio de Huatusco, ya que la producción de este cultivo genera empleos de forma directa o indirecta y es una de las principales fuentes de ingreso de los habitantes de la zona (Escamilla *et al.*, 2005; Rodríguez-Hernández *et al.*, 2016). De acuerdo con Rojas-Herrera y Olguín-Pérez (2018), existen aproximadamente 24 cooperativas cafetaleras activas en el municipio de Huatusco y también existe la presencia de empresas y/o acaparadores de café como AMSA, Café ARESA, Cafés Tomari, Don Pepe Coffee, Expogranos Mexicanos y La Laja, lo que demuestra la importancia económica y social que genera esta actividad agrícola en la zona (Hernández, 2022). Sin embargo, este sector enfrenta diversas problemáticas que han propiciado su estancamiento, disminución y/o abandono, tales como precios bajos, disminución en rendimiento, escasa tecnología, falta de financiamiento, inexistencia de asesoría técnica o capacitación, aumento de migración, falta de organización entre productores, alta participación de intermediarios; además, efectos generados por el cambio climático, como el aumento de plagas (Santiago-Santiago *et al.*, 2020; Rodríguez-Hernández *et al.*, 2016; Nava-Tablada, 2012).

El cambio climático (CC) hace referencia a cambios que surgen en ciertas características del clima, tales como la temperatura, precipitación y las rutas de las tormentas (Díaz, 2012). Algunos efectos del CC en la zona central del estado de Veracruz han sido las heladas, lluvias torrenciales, granizo, fuertes vientos y ondas de calor más intensas (Parada-Molina *et al.*, 2019). Aunado a lo anterior, las estaciones meteorológicas de Coatepec y Briones han mostrado cambios en el patrón de la lluvia, reportando con mayor frecuencia la cantidad de eventos tormentosos, lo que provoca que llueva más en menos tiempo. En cuanto a la temperatura, se reporta un aumento significativo en las diferentes temporadas del año, lo que impacta en la fenología del cultivo (Parada-Molina *et al.*, 2021); esto se debe a que el aumento de temperatura y escasez de humedad pueden limitar el

crecimiento de la planta, afectar la floración y el proceso de desarrollo y maduración de frutos (Pham *et al.*, 2019). Dichos efectos de las condiciones climáticas tienen un impacto negativo directo en el rendimiento del cultivo (Tavares *et al.*, 2018). Asimismo, algunos estudios han reportado que el CC aumentará la propagación de plagas, lo que ocasionará a su vez pérdida o reducción de rendimientos, baja calidad de las cosechas, aumento de costos de producción y grandes pérdidas económicas complicando aún más, la situación actual de los pequeños productores (Guerrero-Carrera *et al.*, 2020; Granados *et al.*, 2014).

Existen diversos problemas fitosanitarios en el cultivo de café, los principales son la broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari), la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) y los nematodos (*Meloidogyne* sp.) (Garambel-Acurio *et al.*, 2022). La broca y la roya del café se reportaron en México en 1978 y 1981 respectivamente, ambas plagas en el estado de Chiapas (Pérez *et al.*, 2023; Henderson, 2019). Por su parte, Santiago-Hernández *et al.* (2023) mencionan que se pueden presentar infestaciones de broca hasta en un 60 %, ocasionando pérdidas del 80 % en cuanto a rendimientos. En este sentido, Sánchez *et al.* (2018) reportaron que algunos productores consideran que ha incrementado el daño por la broca del café debido a la variabilidad climática. Asimismo, Torres *et al.* (2020) mencionan que el efecto del brote de la roya del café aumentó debido al incremento en 1 °C en la zona montañosa donde se cultiva café.

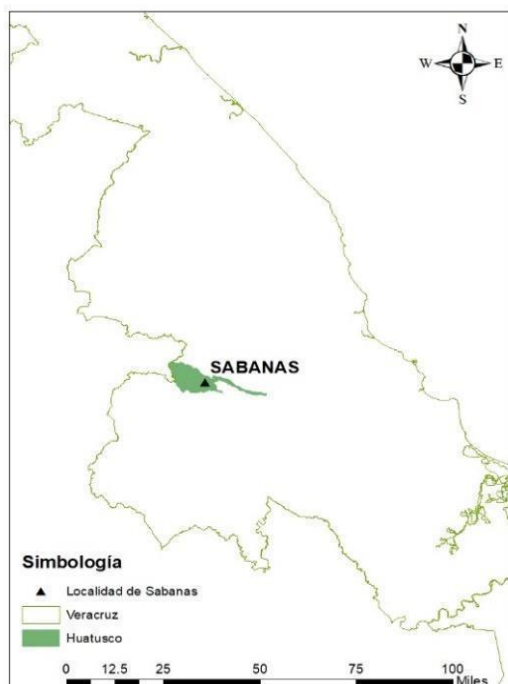
Las alteraciones climáticas, aunadas a la tala de árboles de sombra, provocan el debilitamiento de las plantas lo que las vuelve más susceptibles al daño de diversas plagas (Magrach y Ghazoul, 2015; Jaramillo *et al.*, 2013). Conocer la percepción de los productores sobre temas que afecten o beneficien el rendimiento y calidad de sus cultivos, permite entender la toma de decisiones relacionadas con el manejo del cultivo, insumos utilizados, continuar o no con el cultivo o incluso abandonar la actividad agrícola (Jaramillo-Villanueva *et al.*, 2022; Navas, 2022). También conocer la percepción de los productores con respecto al CC, nos permite registrar los conocimientos y la adaptabilidad que han ido desarrollando ante la presencia de bajas y altas temperaturas, sequías y vientos extremos (Jezeer *et al.*, 2019). A pesar de la importancia de la zona cafetalera del estado de Veracruz, hay pocos estudios sobre la percepción de pequeños productores sobre el efecto del CC en el cultivo. Por ello, el objetivo de este trabajo es valorar la percepción de pequeños productores cafetaleros

sobre la relación entre la floración, presencia de plagas y el cambio climático en la localidad de Sabanas, Veracruz. La información obtenida permitirá conocer la realidad que viven los pequeños productores ante los efectos del cambio climático y con ello poder crear iniciativas que contribuyan a mejorar los sistemas de producción.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

El estudio se desarrolló con pequeños productores de café de la localidad de Sabanas, perteneciente al municipio de Huatusco (Figura 1). El municipio se ubica entre los paralelos 19° 04' y 19° 13' de latitud norte; los meridianos 96° 41' y 97° 04' de longitud oeste; altitud entre 400 y 2 000 m. El 52.18 % del uso del suelo está destinado para la agricultura, principalmente para café, maíz en grano y caña de azúcar. Su vegetación está constituida por un 25.12 % de pastizales, 16.62 % de bosque y 3.11 % de selva (Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal, 2019).



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio (Sabanas, Huatusco, Veracruz, México).

### Instrumento

Se elaboró un cuestionario a partir de un marco teórico que abordó los conceptos de percepción y la relación entre cambio climático y plagas. El instrumento constó de dos secciones, 1) donde se extrajo información general del productor y datos del cultivo, y 2) presencia

de plagas en su cultivo, percepción y problemas ocasionados por el cambio climático. El cuestionario contó con preguntas abiertas que permitieron a los productores expresar cómo perciben los problemas de las plagas, el cambio climático y cómo los relacionan entre sí. Posteriormente, se realizó la operacionalización de las variables y se establecieron los indicadores de interés que permitieron la formulación de las preguntas.

El instrumento se aplicó en el mes de marzo de 2022. Durante las entrevistas, se realizaron observaciones en los agroecosistemas de cada productor para contrastar algunas de sus respuestas relacionadas con la presencia de plagas y otras problemáticas mencionadas. Finalmente, se hizo un análisis de la información, donde se describieron los resultados de las entrevistas y se contrastó con investigaciones ya publicadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de los productores entrevistados

Se entrevistaron un total de 11 productores los cuales poseían superficies menores a 1.5 ha, por lo que se les considera pequeños productores (Cantet *et al.*, 2016). La edad de los entrevistados osciló entre los 43 y 66 años. El 82 % de los entrevistados cuenta únicamente con escolaridad de primaria (nivel básico), pero en su mayoría no la concluyeron y el 18 % restante tiene licenciatura. Su principal actividad económica es la producción de café y mencionaron realizar esta actividad desde que tienen uso de razón, debido a que sus padres los involucraron en las actividades del campo desde su niñez. Se obtuvo el consentimiento informado verbalmente antes de la participación de todos los productores. Asimismo, se obtuvo el consentimiento del líder de la cooperativa a la cual pertenecían los productores entrevistados (Organización Coordinadora de Productores de la Zona Centro del estado de Veracruz, COORPROVER).

### Manejo de cultivo

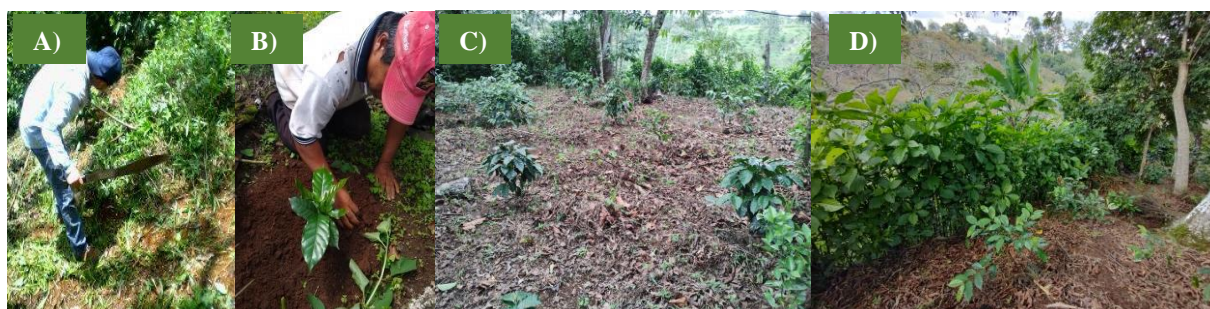
De los 11 productores entrevistados, 9 realizan prácticas agroecológicas, tales como chapeo, podas, resiembras, abono con pulpa de café o gallinaza, uso de barreras vivas y sombra diversificada (Figura 2). En cuanto a prácticas convencionales, realizan una o dos fertilizaciones químicas por año, lo que coincide con Beltrán-Vargas *et al.* (2023), quienes reportan las mismas prácticas del presente trabajo, aunadas a la elaboración de biofertilizantes y bioplaguicidas. Asimismo, mencionaron que las prácticas de manejo que utilizan en sus parcelas van “de acuerdo al tiempo” (Tabla 1), es decir, se guían según las condiciones climáticas y la fenología de las plantas. Cabe señalar que ellos no conocen el concepto de “manejo

agroecológico”, sin embargo, de forma empírica lo aplican. Esto se debe a que algunas prácticas de los sistemas agroecológicos surgen de los saberes y prácticas campesinas locales (Noguera-Talavera *et al.*, 2019).

Los entrevistados mencionaron que para el establecimiento de nuevas plantas en campo realizan el trazado de la plantación antes de la temporada de lluvias. El marco de plantación mayormente utilizado por los productores entrevistados es en hilera de 1.5 m entre plantas por 2 m entre surcos, aunque algunos productores lo realizan a tresbolillo dejando 1.85 m entre plantas y 2.10 m entre surcos. Una vez trazado el terreno, se realizan “las cepas” (hoyos) cuando inicia la temporada de lluvias. Subsecuentemente, se realiza el trasplante en la parcela y es precedido por un periodo de adaptación de las plantas en campo (el cual puede variar de uno a doce meses, según cada productor). Las plantas que mueren son reemplazadas por plantas nuevas. En esta misma temporada se realiza una fertilización química en media luna y algunos suelen dar una segunda fertilización en diciembre o enero si es que hay suficiente humedad en el suelo. Las fórmulas más utilizadas son 18-12-06 y 20-10-10, las cuales mencionan eran las recomendadas por el Instituto Mexicano del Café (INMECAFE). Cabe señalar que ellos deciden si utilizar o no fertilizante de acuerdo con el precio que registre este insumo.

Algunos productores abonan el suelo con “gallinaza”, ya sea en plantas adultas o recién trasplantadas, también utilizan la pulpa de café como abono, aunque la aplican después de la temporada de cosecha, por ser el principal subproducto que se obtiene al iniciar el procesamiento del café (Fierro-Cabrera *et al.*, 2018).

En cuanto al control de arvenses todos los productores realizan de dos a tres chapeos durante el año, principalmente, durante la época de lluvias. Algunos productores utilizan “la limpia” con azadón, aunque mencionan que dicha práctica se ha dejado de realizar porque se pierde el “sámago” (materia orgánica degradada o en proceso de degradación) y suele desgastar el suelo. Asimismo, mencionaron que con este manejo no utilizan herbicidas, a los que consideran sumamente tóxicos para la salud, además, que degradan el suelo, contaminan el agua y eliminan la biodiversidad presente en sus agroecosistemas. Para el control de plagas tampoco utilizan plaguicidas de origen sintético, para el manejo de roya utilizan variedades resistentes, sin embargo, recientemente han notado la pérdida de resistencia en dichas variedades, las cuales fueron introducidas posterior a la epidemia de roya del 2012 (Cressey, 2013); en el caso de la broca, se realiza una práctica cultural que consiste en la recolección y eliminación de frutos secos al final de la cosecha, evitando que se alberguen nuevas generaciones de estos insectos (Cássio *et al.*, 2022).



**Figura 2.** Prácticas agroecológicas realizadas por pequeños productores cafetaleros de la localidad de Sabanas, Veracruz, México. A) Chapeo de arvenses; B) Resiembra de plantas; C) Suelo cubierto por materia orgánica en proceso de degradación “sámago”; D) Uso de barreras vivas.

**Tabla 1.** Prácticas de manejo realizadas durante el año por pequeños productores de café.

Práctica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Trazado				X	X							
Trasplante a campo					X	X	X	X	X			
Resiembra o replante								X	X			
Poda		X	X									
Chapeo		X	X			X	X		X	X	X	
Limpia			X	X			X	X				
Raleo de sombra		X	X	X				X	X			
Abonado	X	X	X			X	X	X	X			
Fertilización	X	X				X	X	X	X			
*Cosecha	X	X									X	X

\*La práctica de cosecha abarca cuatro meses, iniciando en el mes de noviembre y concluyendo en febrero.



Cuando se termina la cosecha, se realizan podas para la renovación de la finca o la eliminación de plantas no productivas y enfermas. Dado que todos los productores entrevistados manejan un sistema tradicional bajo sombra, también realizan el “raleo de sombra”, es decir, la poda de árboles que mantiene regulada la entrada de luz. De acuerdo con Reyes *et al.* (2022), los sistemas cafetaleros tradicionales (bajo sombra) permiten regular el microclima en el agroecosistema, contribuyen en la captación de agua, conservación del suelo, protegen y conservan la biodiversidad, albergan enemigos naturales que ayudan a mantener las poblaciones de organismos plagas controladas, así como generar beneficios ambientales.

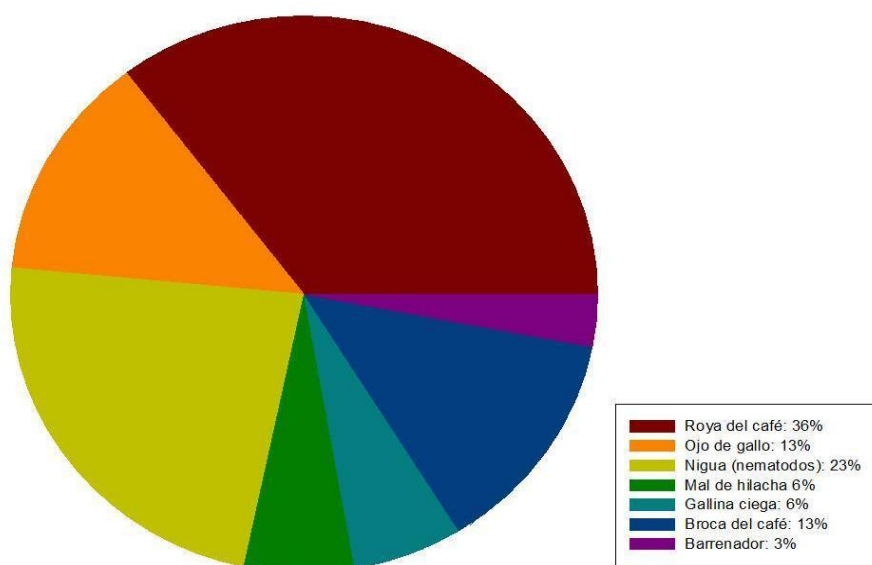
Como se mencionó anteriormente, los productores entrevistados tienen prácticas agroecológicas empíricas, lo que resalta la importancia que los agricultores conceden a la naturaleza y su conservación. Dicho fenómeno se basa en saberes tradicionales y prácticas campesinas locales que surgen en respuesta a problemas específicos, por lo tanto, son prácticas que se modifican o adaptan a una forma de producción más respetuosa con el ambiente (Wezel *et al.*, 2009). En países en desarrollo se utilizan prácticas basadas en el conocimiento tradicional, con el objetivo de promover la fertilidad del suelo, la conservación de la materia orgánica y la adaptación a sistemas de bajos insumos externos (disminuir su uso). Otro aspecto importante es que el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos derivados de dichos saberes tienen el potencial de incrementar la resiliencia de los agroecosistemas, por lo que es importante aprovecharlos para el diseño de estrategias de adaptación al CC (Ruíz-García *et al.*, 2021).

## Principales problemáticas identificadas por los productores

Los entrevistados mencionaron tres principales problemáticas derivadas de los efectos del CC presentes en sus agroecosistemas: las plagas, la sequía y el desfase en la floración ocasionado por los cambios de temperatura; en conjunto afectan el rendimiento y la calidad de su producto. A continuación, se explica a detalle cada una de las problemáticas mencionadas anteriormente por los productores.

### Presencia de plagas

En cuanto a la presencia de plagas, el 100 % de los productores indicó que es la principal causante de los bajos rendimientos de sus cultivos. Particularmente, los productores identificaron a la roya del café (*H. vastatrix*) como la más abundante (35%), seguida de “la nigua” un tipo de nemátodo (*Meloidogyne* sp.) (23%), la broca del café (*H. hampei*) (13%) y el “ojo de gallo” (23%), la broca del café (*H. hampei*) (13%) y el “ojo de gallo” (*Mycena citricolor* Berkeley & Curtis) (13 %) (Figura 3). Esto coincide con lo reportado por Montes *et al.* (2012) y Lugo-Morin *et al.* (2018), quienes indican que las principales plagas que limitan la producción de café son la roya y la broca. Por su parte, Leyva y Villaseñor (2009) identificaron a la roya del café, la broca y los nemátodos como las principales plagas presentes en el cultivo de café en los municipios de Huatusco, Ixhuatlán del Café y Atoyac. Lo anterior permite inferir que dichos organismos plaga están presentes en la zona desde hace varios años debido a que cuentan con las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo.



**Figura 3.** Principales plagas mencionadas por pequeños productores cafetaleros de la localidad de Sabanas, Veracruz, México.

## Roya del café

De acuerdo con lo mencionado por los productores, la roya del café causa los siguientes daños en las plantas: 1) amarillamiento en hojas, 2) defoliación y 3) secado y muerte de las plantas. Lo identificado por los productores coincide con lo reportado por Koutouleas *et al.* (2019), quienes mencionan que la roya es el principal patógeno que afecta diferentes variedades de la especie *C. arabica*, ya que el hongo se adhiere y comienza a colonizar por el envés de las hojas, formando pústulas de color amarillo-naranja, las cuales son el síntoma típico de la enfermedad. Esta patología ocasiona la clorosis de la hoja y defoliación, reduciendo el área fotosintética y en casos severos puede provocar la muerte de las plantas (Avelino *et al.*, 2015; SENASICA, 2019). También mencionaron que la época del año donde hay mayor presencia de roya es en verano y otoño. Lo anterior coincide con lo reportado por Toniutti *et al.* (2017), quienes afirman que para el desarrollo de la roya se requiere humedad y una temperatura que fluctúa entre los 18 y 27 °C, donde la temperatura óptima que aumenta la germinación de las esporas se encuentra entre los 22 y 24 °C. Según SENASICA (2016), la presencia y dispersión de roya del café comienza en verano debido a la temporada de lluvias, esto propicia el desarrollo del hongo durante el otoño y alcanza su punto de mayor incidencia durante el invierno.

Un aspecto que destacar es que los productores han observado mayor presencia y virulencia de la roya a partir del año 2019, esto lo atribuyen a las variaciones repentinas del clima, ya que perciben cambios en las estaciones del año. Este fenómeno coincide con los datos de sequía del Servicio Meteorológico Nacional, en donde se reporta que en el 2018 se presentaron condiciones de sequía moderada y en el 2019 hubo un fenómeno de sequía severa, dichos fenómenos pudieron propiciar las condiciones para el desarrollo de roya y coincidir con las siguientes percepciones de los productores.

*“Septiembre y agosto siempre han sido las épocas de la roya, pero era esporádico ver plantas dañadas, ahora prácticamente todas y es más agresiva. Atribuyo el incremento a las lluvias y a los cambios en las épocas del año” (Adrián).*

*“No se veía tanto problema de roya en la zona, no había, estaba limpio. El cambio de temperatura, los calores, seca y deforestación afecta a las plagas” (Gregorio).*

*“No había roya en años anteriores, ya no sirven como antes las variedades tolerantes. Se empieza a ver el daño por la roya cuando las hojas se ven amarillas y cuando hay humedad” (Luis).*

Algunas investigaciones han determinado que el cambio climático fue el principal factor que determinó el desarrollo de brotes de la roya de café desde el 2012, en México y Latinoamérica (Avelino *et al.*, 2015; Gamarra *et al.*, 2015). Esto se debe a la reducción del período de latencia del agente causal, el cual está determinado por un aumento de la temperatura y por lo tanto en la intensidad epidémica (Ghini *et al.*, 2011). Además, se han reportado nuevas razas de roya con mayor virulencia que ocasionan la pérdida de resistencia de algunas variedades (Silva *et al.*, 2021).

Los productores mencionaron que utilizan variedades resistentes a la roya (Colombia y Costa Rica 95), ya que también les proporciona mayor producción y menor gasto de productos químicos (López-García *et al.*, 2016), sin embargo, han notado que productores vecinos comienzan a tener problemas con esta plaga. Esto se puede relacionar con la pérdida de resistencia, ya que ésta va disminuyendo debido a la mutación, dispersión y recombinación de las diferentes razas de la roya (Morales, 2019; Dicyt, 2019). Cabe señalar que recientemente se confirmó la susceptibilidad de la variedad Costa Rica 95 a la roya (World Coffee Research, 2023). Considerando lo anterior, es plausible suponer que las variedades presentes en la zona de estudio presentan una pérdida de resistencia a esta plaga (Figura 4).



**Figura 4.** A) Aumento de la severidad de la enfermedad; B) y C) Defoliación ocasionada por la intensidad de la roya y estrés por sequía; D) Presencia de roya del café en variedad Costa Rica 95.

## Nematodos

Otra de las plagas mencionadas por los productores son los nematodos, cuya presencia ya se ha reportado en suelos de la región montañosa central de Veracruz (Castillo, 2013). Los nematodos succionan el contenido de las células de las raíces e inyectan algunas enzimas que destruyen el parénquima de éstas, lo que provoca síntomas subterráneos en la raíz tales como agallas, nudos, proliferación de raíces secundarias y poco crecimiento radicular (Cadena *et al.*, 2021). Las lesiones causadas por los nematodos predisponen a la planta a infecciones por otros microorganismos, además, hacen que la planta tenga deficiencia de nutrientes, ocasionando plantas débiles, poco productivas y susceptibles a otras plagas (Restrepo *et al.*, 2008). Los síntomas en la parte aérea de la planta son poco desarrollo, falta de vigor, clorosis de las hojas, marchitamiento y defoliación (López-Lima *et al.*, 2015). Cabe señalar que las plantas de café de la especie *C. arabica*, son más susceptibles al daño por nematodo (Zamarripa y Escamilla, 2021), tal como mencionaron los productores en apartados anteriores, las variedades que utilizan pertenecen a la especie *C. arabica*, por lo cual, para reducir el daño a esta plaga utilizan injerto con el patrón de *C. canephora*.

## Broca

La broca es otra plaga de importancia para los productores entrevistados. Dicho insecto en otros países es considerado el principal problema fitosanitario, ya que ataca directamente a los frutos que se encuentran en desarrollo o a los granos almacenados en poscosecha, destacando que las semillas dañadas pierden valor comercial y afectan la calidad en taza (Queiroz y Fanton, 2021). Estos insectos perforan los frutos del café, generalmente desde la corona hacia las semillas formando galerías, dentro de las cuales ponen sus huevos y posteriormente, cuando eclosionan, las larvas se alimentan de la semilla pudiendo llegar a consumirla por completo durante el período larvario (14 días aproximadamente) (Alba-Alejandre *et al.*, 2018). Posteriormente, se forman pupas de las cuales emergen adultos que buscarán nuevos frutos para colonizar y continuar la multiplicación de la población (Vega *et al.*, 2015).

Las condiciones ambientales de temperatura, humedad y altitud están relacionadas con el ciclo de vida y reproductivo de la broca; a una altitud menor a 1200 m.s.n.m. existe mayor infestación y se ha comprobado que en condiciones naturales, a una temperatura promedio diaria mayor a 22 °C, se completa más rápidamente el ciclo de vida del insecto y aumenta el número de generaciones por año (Constantino *et al.*, 2021; Constantino *et al.*, 2011). Para los productores de la región de estudio la broca tiene un papel secundario, a pesar de ser considerada como el

principal insecto plaga de café en otros lugares del mundo. Esto se explica porque al igual que para otros insectos, las condiciones ambientales de temperatura, humedad y altitud están relacionadas con el ciclo de vida. Debido a que la región de estudio se encuentra a una altitud de 1200 m.s.n.m. y tiene una temperatura media anual de 19 °C, la presencia de esta plaga ha sido limitada, lo cual no excluye posibles efectos futuros derivados del CC.

## Ojo de gallo

El ojo de gallo es otra plaga que mencionaron los productores, dicha enfermedad es causada por el hongo *Mycena citricolor* (Berk. & M.A. Curtis) Sacc. provoca manchas circulares ligeramente ovaladas de color café grisáceo que pueden presentarse en el haz o el envés de hojas maduras, jóvenes y brotes nuevos. También puede causar daño a ramas, tallos y frutos, sin embargo, el principal daño que ocasiona es la defoliación de la planta disminuyendo la actividad fotosintética y por lo tanto, la productividad (Otoniano *et al.*, 2015; SENASICA, 2016). La infección es altamente dependiente de la cantidad de inóculo primario, lo que dificulta su manejo ya que el hongo puede permanecer en la hojarasca que cae al suelo hasta por dos años, además, se ha reportado que hongos del género *Mycena* pueden tener otros hospederos alternos, porque tienen la capacidad de degradar lignina y celulosa por lo que son colonizadores y descomponedores de hojas y madera (Granados-Montero *et al.*, 2020). El patógeno tiene un mejor desarrollo en condiciones de humedad y baja intensidad de luz, por lo tanto, una finca con exceso de sombra puede propiciar mayor infección en las plantas (Peterson, 2010). Asimismo, se ha reportado que entre mayor altitud existe mayor incidencia de la enfermedad (Pino-Miranda *et al.*, 2022). Al igual que en el caso de la broca, el ojo de gallo es una plaga secundaria, ya que la altitud y el manejo de sombra que realizan los productores dificulta el desarrollo de dicho hongo.

## Otras plagas

Es notable que el 3 % de los entrevistados mencionó que, en los últimos dos años, han observado daños de algún tipo de barrenador (Coleoptera), situación que les genera preocupación ya que es un insecto que no se había observado en la zona. Cabe señalar que los productores no conocen su apariencia física, sólo han observado el daño que causa en el tallo de la planta de café tal como lo menciona Luis: “No sabemos cómo es el insecto, sólo vemos en el tronco de la planta que lo perfora y deja como aserrín”. A pesar de que dicho insecto no se había observado en la zona, ya hay reportes de daños en plantaciones de café de Colombia (2001) causados por barrenadores de tallo (Martínez, 2000; Constantino y Benavides, 2015). En México, se

han identificado las especies *Plagiohammus maculosus* (Bates), *Plagiohammus spinipennis* (Thoms.) y *Plagiohammus mexicanus* (Breuning) en cultivos agrícolas y forestales de otros estados, por lo que es plausible suponer que puedan estar presentes en los cultivos de café de los entrevistados, aunque los medios por los que hayan podido arribar a dichos cultivos no están claros (Barrera *et al.*, 2004; Reyes-Robles *et al.*, 2021).

### Percepción de los efectos del clima (sequía y desfase de floración)

Los productores han notado cambios en el clima a partir del año 2015, principalmente en la temperatura y precipitación de su localidad. Esto coincide con los datos de sequía del Servicio Meteorológico Nacional (2023), donde se reporta que desde el año 2015 a 2023 han sido recurrentes los eventos de sequía en el municipio de Huatusco. Estos fenómenos posiblemente influyen en el desfase de la floración, problemas en el desarrollo del fruto y cambios en el manejo del cultivo, tal como lo señalan Ciro, Esteban y Jesús en la entrevista.

*“Hace muchos años atrás estaban muy marcadas las estaciones del año, hoy en día ya no se sabe cuándo lloverá. Esto ha ido afectando a las actividades que se realizan en el campo” (Ciro).*

*“Últimamente en esta zona va lloviendo menos, pero en los mismos meses, hay más seca y se va prolongando. Este cambio se ha notado en los últimos ocho años, afecta en el rendimiento por el llenado de fruto. Se madura el café, pero se quema ya que se cae la hoja porque están en pleno sol porque hay tala de árboles, contaminación y la forma de cultivar la tierra ha ido cambiando” (Esteban).*

*“Me he dado cuenta que hay un desfaseamiento de floración debido a los cambios de temperatura y a la falta de agua por sequías. Afecta el llenado del fruto*

*y se ve afectado en los rendimientos. Por el desfase ahora hay muchos cortes y no se sabe ya bien en qué fecha se realizarán los cortes, esto afecta las prácticas de poda y todo el ciclo de producción” (Jesús).*

Lo observado por los productores se puede contrastar con lo reportado por Parada-Molina *et al.* (2019) y Wagner *et al.* (2021), quienes mencionan que algunas etapas fenológicas del café como la floración, crecimiento y maduración de frutos (Figura 5) se ven afectadas por la variabilidad en la temperatura y precipitación, ya que son sensibles a estas variaciones climáticas.

Los cambios fenológicos en la planta de café están determinados por factores como la temperatura y humedad, al presentarse variaciones en estas condiciones pueden ocurrir cambios en la floración y llenado de frutos, ya que al existir déficit hídrico en estas etapas puede haber aborto de flores y frutos recién cuajados. Por otro lado, si las lluvias son intermitentes durante la temporada pueden ocasionar múltiples etapas de floración (Cenicafé, 2014; Martínez y Santacruz, 2023). Por ello las temporadas con sequías prolongadas ponen en riesgo el rendimiento y calidad del fruto, debido a que el desarrollo del cultivo se ve interrumpido por la variabilidad de condiciones climáticas (Ruíz-García *et al.*, 2021). De acuerdo con Granados *et al.* (2014) estas variaciones meteorológicas pueden ser originadas por el CC.

En la zona central de Veracruz existen diferentes fenómenos meteorológicos que afectan al cultivo de café, tal es el caso de las granizadas y lluvias torrenciales. Estos dos fenómenos pueden ocasionar el desprendimiento de flor y fruto, debido a que se presentan en las temporadas en las cuales el cultivo de café se encuentra en etapa de floración (Parada-Molina *et al.*, 2019).



**Figura 5.** Etapas ciclo fenológico del cultivo de café. A) Floración; B) Llenado de frutos; C) Maduración.



Ante esta situación, los productores han tratado de implementar otros sistemas de cultivo con menor diversidad arbórea o a pleno sol, lo que ha generado un impacto ambiental negativo (Pérez-Sánchez *et al.*, 2022). Lo mencionado anteriormente ha propiciado que se modifiquen las formas de producción del cultivo, lo cual repercute en la disminución de la biodiversidad presente en estos agroecosistemas. Tal como indican Escamilla-Prado *et al.* (2021), la introducción de nuevas variedades resistentes a factores bióticos y abióticos ha transformado los agroecosistemas cafetaleros, ocasionando que se modifique y pierda la diversidad de la región.

### Otros efectos potenciales del CC

Ante la situación anterior los productores mencionaron que la tala de árboles, la contaminación ocasionada por los seres humanos, el uso de herbicidas, la introducción de cultivos no adecuados y la degradación del suelo son factores que han contribuyeron en el cambio de clima (cambio climático) (Figura 6); así como el incremento de las plagas (Roya del café) y que en conjunto afectan las plantaciones de café. Al respecto, Lara-Rodríguez y Travieso-Bello (2022) reportan que el cambio climático ocasiona alteraciones estacionales que afectan el desarrollo físico, biológico y químico de la planta, así como el rendimiento de los cultivos. Por su parte, Gil (2019) reporta que los productores relacionan las alteraciones climáticas como la precipitación, temperatura y humedad relativa con el incremento de plagas y la disminución de la floración.



**Figura 6.** Factores que han ido ocasionando el cambio climático de acuerdo con la opinión de los productores de la localidad de Sabanas, Veracruz, México. A) Eliminación de masa forestal; B) Erosión de suelo por uso de herbicida.

### CONCLUSIÓN

Los pequeños productores cafetaleros de la localidad de Sabanas, Veracruz mencionan que los principales problemas que tienen en sus agroecosistemas son las plagas, la sequía y el desfase de la floración. Ellos relacionan la presencia e incremento de plagas con los cambios en el clima, atribuyen que las variaciones en la precipitación y temperatura han propiciado periodos prolongados de estrés en las plantas que las hace más susceptibles. Además, mencionan que este fenómeno altera el ciclo fenológico de los cafetos, lo que propicia la modificación de los periodos para realizar ciertas labores del cultivo.

Las tres principales plagas que mencionan son la roya, los nematodos y la broca. En particular han notado que la incidencia y severidad de la roya del café ha aumentado respecto a años anteriores, lo cual lo relacionan con la pérdida de resistencia de algunas variedades y los cambios de temperatura repentinos. Asimismo, indican la presencia de plagas que antes no habían observado, como el barrenador del tallo del café.

Por último, perciben que el uso de herbicidas, la deforestación y la contaminación, han ocasionado la degradación del suelo, sequías más frecuentes y problemas en el proceso de producción de su cultivo. Estos factores afectan negativamente la parte

ecológica, que se ve reflejada en aspectos económicos, sociales y tecnológicos.

### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de los productores entrevistados de la localidad de Sabanas, Veracruz y a la Organización Coordinadora de Productores de la Zona Centro del estado de Veracruz (COORPROVER).

**Funding.** There is no funding to declare.

**Conflict of interest.** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Compliance with ethical standards.** The authors declare that they complied with ethical standards as all interviewees agreed to participate in the study and gave us their permission to publish the information we gathered including data and photographs.

**Data availability:** The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

**Author contribution statement (CRediT).** M.E. Beristain-Moreno –Methodology, Investigation, writing; D. Sósol-Reyes – Investigation, Data curation, writing an original draft; A. Ramirez-Martinez – Formal analysis, conceptualization, review & editing. F. Osorio-Acosta - Conceptualization, review & editing.

## REFERENCES

- Alba-Alejandre, I., Alba-Tercedor, J. and Vega, F.E., 2018. Observing the devastating coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) inside the coffee berry using micro-computed tomography. *Scientific Reports*, 8, 17033. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-35324-4>
- Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach P., Aguilar L., Bornermann G., Läderach P., Anzueto, F., Hruska, A.J. and Morales C., 2015. The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security*, 7(2), pp.303- 321. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0446-9>
- Barrera, J., Herrera, J., Villalobos, J. and Gómez, B., 2004. El barrenador del tallo y la raíz del café. Una plaga silenciosa. Proyecto Manejo Integrado de Plagas, folleto técnico No. 9. El Colegio de la Frontera Sur ECOSUR, Tapachula, Chiapas, México. 8 p.
- Beltrán-Vargas, H.J., Flores-Sánchez, D., Vázquez-García, V. and Espinosa-Calderón, A., 2023. Agroecological management of smallholding coffee cropping systems in the highlands of Veracruz, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26, pp.# 077. <https://doi.org/10.56369/tsaes.4604>
- Cadena, F. A.; Quelali, L. and Mamani, A.M., 2021. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del café (*Coffea arabica*) en la Estación Experimental de Sapecho. *Apthapi*, 7(2), pp.2145-2151. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/98>
- Cantet B., G., Soto V., C., Ocampo T., P., Rivera R., J., Navarro H., A., Guatemala M., G.M. and Villanueva R., S., 2016. La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*, San José Costa Rica, pp.19-20.
- Cássio, F., Zanuncio J., J.S., Novaes S., M., Lorencao F., M., Batista Q., R., Sossai, S.R., Rainha D., R., Fornazier, M.J. and Carvalho G., R., 2022. Métodos de manejo da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). *Tópicos em Agroecología*, pp.163-186. <https://doi.org/10.36524/9788582635254>
- Castillo P., G. 2013. Nematodos y su manejo integrado. In: El sistema producto café en México: problemática y tecnología de producción. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, pp. 291-309.
- Cenicafé (Ciencia, tecnología e innovación para la cafecultura colombiana)., 2014. La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones. *Avances Técnicos Cenicafé*, pp.8. <https://doi.org/10.38141/10779/0441>
- Constantino C., L.M. and Benavides M., P., 2015. El barrenador del tallo y la raíz del café, *Plagiohammus colombiensis*. *Revista Cenicafé*, 66, pp.17-24. <https://www.cenicafe.org/es/publications/2.B.arrenador.pdf>
- Constantino C., L.M., Gil P., Z.N., Jaramillo R., A., Benavides M., P. and Bustillo P., A.E., 2011. Efecto del cambio y la variabilidad climática en la dinámica de infestación de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en la zona

- central cafetera de Colombia. *Libro de Memorias 38° Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, Manizales*, pp.106-121.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4683.9205>
- Constantino, L.M., Rendón, J.R., Cuesta, G., Medina R., R. and Benavides M., P., 2021. Dinámica poblacional, dispersión y colonización de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Colombia. *Revista Cenicafé*, 72(1), p. e72102.  
<https://doi.org/10.38141/10778/72102>
- Cressey, D., 2013. Coffee rust regains foothold. Researchers marshal technology in bid to thwart fungal outbreak in Central America. *Nature*, pp.493-587.  
<https://doi.org/10.1038/493587a>
- Díaz C., G., 2012. El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, 37(2), pp.227-240.  
<https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>
- Dicyt (Agencia para la Difusión de la Ciencia y Tecnología). 2019. *Nuevas razas de roya atacan el café de América Latina y el Caribe*. [en línea]. Disponible en: <https://www.dicyt.com/noticias/nuevas-razas-de-roya-atacan-el-cafe-de-america-latina-y-el-caribe> [Consultado el 05 de marzo de 2023].
- Escamilla P., E., Ruíz R., O., Díaz P., G., Landeros S., C., Platas R., D.E., Zamarripa C., A. and González H., V.A., 2005. El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 76, pp.5-16.  
<https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6135/A1853e.pdf?sequence=1>
- Escamilla-Prado, E., Tinoco-Rueda, J.A., Pérez-Villatoro, H.A., Aguilar-Calvo, A.J., Sánchez-Hernández, R. and Ayala-Montejo, D., 2021. Transformación socioecológica en el agroecosistema café afectado por roya en Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), pp.643-653.  
<https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/44-4/18a.pdf>
- FAOSTAT., 2018. *Cultivos y productos de ganadería*. [en línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/vi-sualize> [Consultado en febrero de 2023].
- Fierro-Cabrales, N., Contreras-Oliva, A., González-Ríos, O., Rosas-Mendoza, E.S. and Morales-Ramos, V., 2018. Caracterización Química y Nutricional de la Pulpa de Café (*Coffea arabica* L.). *Agroproductividad* 11(4), pp.9-13.  
<https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/261/192>
- Gamarra G., D., Torres S., G., Casas S., J. y Riveros I., H., 2015. Caracterización y manejo integrado de la roya amarilla del café en selva central del Perú. *Convicciones*, pp.6-17.
- Garambel-Acurio, S.I., Lima-Medina, I., Loza-Del Carpio, A. and Checahuari J., S.E., 2022. Incidencia de nematodos asociados a las principales zonas productoras de café en la región de Puno, Perú. *Bioagro*, pp.85-96.  
<https://doi.org/10.51372/bioagro341.8>
- Ghini, R., Hamada, E., Pedro J., M. J. and Ribeiro V.G., R., 2011. Incubation period of *Hemileia vastatrix* in coffee plants in Brazil simulated under climate change. *Summa Phytopathologica*, 37(2), pp.85-93.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-54052011000200001>
- Gil M., J.E., 2019. Indicadores bióticos del cambio climático: casos granadilla y café. *Revista Yachay*, 8, pp.522-529.  
<https://doi.org/10.36881/yachay.v8i1.130>
- Granados, R., Medina, M. and Peña, V., 2014. Variación y cambio climático en la vertiente del golfo de México: Impactos en la cafeticultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, pp.473-485.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v5i3.951>
- Granados-Montero, M., Avelino, J., Arauz-Cavallini, F., Castro-Tanzi, S. and Ureña, N., 2020. Hojarasca e inóculo de *Mycena citricolor* sobre la epidemia de ojo gallo. *Agronomía Mesoamericana*, 31, pp.77-94.  
<http://doi.org/10.15517/am.v31i1.36614>
- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J.L., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, A., Vargas-López, S. and Chulim-Estrella, N., 2020. Impacto del cambio climático sobre la producción de café. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, pp. 071.  
<http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3288>
- Henderson, T. P., 2019. La roya y el futuro del café en Chiapas. *Revista Mexicana de Sociología*, 81(2), pp.389-416.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321603250006>

- Hernández P., M., 2022. El café en la región de Huatusco, Veracruz: historia y formas de vida. Edit. Colección Biblioteca, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 213 p. <https://doi.org/10.25009/uv.2772.1649>
- Instituto Veracruzano de Desarrollo Municipal., 2019. *Portuario Municipalista de Veracruz. Información básica municipal*. [pdf]. Disponible en: <http://www.invedem.gob.mx/wp-content/uploads/sites/26/2020/02/prontuario-regionesNUEVO.pdf> [Consultado el 20 de enero de 2023].
- Jaramillo, J., Setamou, M., Muchugu, E., Chabi-Olaye, A., Jaramillo, A., Mukabana, J., Maina, J., Gathara, S. and Borgemeister, S., 2013. Climate Change or Urbanization? Impacts on a traditional coffee production system in East Africa over the last 80 years. *PLoS ONE*, 8, pp.1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051815>
- Jezeer, R.E., Verweij, P.A., Boot R.G.A, Junginger M. and Santos M.J. 2019. Influence of livelihood assets, experienced shocks and perceived risks on smallholder coffee farming practices in Peru. *Journal of Environmental Management* 242, pp.496-506. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.011>
- Koutouleas, A., Jorgensen, H.J.L., Jensen, B., Lilleso, J.-P., Junge, A. and Ræbild A., 2019. On the hunt for the alternate host of *Hemileia vastatrix*. *Ecology and Evolution* 9, pp.13619-13631. <https://doi.org/10.1002/ece3.5755>
- Lara-Rodríguez, N. and Travieso-Bello, A., 2022. Enfoques econométricos para estimar impactos económicos del cambio climático en la agricultura: Revisión de literatura. *UV Serva*, 13, 142-162. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi13.2835>
- Leyva M., S.G. and Villaseñor L., A., 2009. La producción de café ante la indiferencia del estado y de los cafeticultores. *Agroproductividad*, 2(2), pp.19-22. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/599>
- López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmero, A. and Cruz-Castillo, G., 2016. Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 39(3), pp.297-304.
- López-Lima, D., Sánchez-Nava, P., Carrión, G., Espinosa, A. and Villain, L., 2015. Corky-root symptoms for coffee in central Veracruz are linked to the root-knot nematode *Meloidogyne paranaensis*, a new report for Mexico. *European Journal of Plant Pathology*, 141, pp.623-629. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0564-9>
- Lugo-Morin, D.R., Desiderio, E.J. and Fajardo F., M.L., 2018. Prácticas y saberes comunitarios en la Sierra Norte de Puebla: el caso del café, sus plagas y enfermedades. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), pp.78-87. <https://doi.org/10.22490/21456453.2135>
- Magrach, A. and Ghazoul, J., 2015. Climate and Pest-Driven Geographic Shifts in Global Coffee Production: Implications for Forest Cover, Biodiversity and Carbon Storage. *PLoS ONE* (7), e0133071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133071>
- Martínez, C., 2000. Escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae) de Colombia. *Biota Colombiana* 1(1), pp. 76-105. <https://www.redalyc.org/pdf/491/49110104.pdf>
- Martínez, T., N.A. and Santacruz de L., G., 2023. Sequía y producción de café: percepción campesina en la Huasteca Potosina. *Entreciencias* 11(25), pp.1-15. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2023.25.84264>
- Montes R., C., Armando P., O. and Amilcar C., R., 2012. Infestación de Broca, Roya, y Mancha de Hierro en cultivo de café del departamento del Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10, pp.98-108. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a12.pdf>
- Morales R., Y.A., 2019. Durabilidad de la resistencia genética roya del café (*Hemileia vastatrix*) en variedades en Honduras. In: Memoria Técnica Mesa de Frutales y Café. 64 Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos de Cultivos y Animales. Honduras. pp: 16. <https://dicta.gob.hn/files/2019,->



- [Memoria-tecnica-PCCMCA-Frutales-y-Cafe.pdf](#)
- Nava-Tablada, M.E., 2012. Migración internacional y cafecultura en Veracruz, México. *Migraciones Internacionales*, 6(3), pp.139-171. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-89062012000300005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-89062012000300005)
- Navas P., A., 2022. Percepciones de pequeños productores sobre cambios en el clima y su efecto en sistemas de producción de leche. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(2), pp.1-17. <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i2.20543>
- Noguera-Talavera, A., Salmerón, F. and Reyes-Sánchez, N., 2019. Bases teórico metodológicas para el diseño de sistemas agroecológicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 51, pp.273-293. [https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/R\\_FCA/article/view/2451](https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/R_FCA/article/view/2451)
- Otoniano J., A., Bello A., S., Cruz J., R., Borjas V., R. and Gamboa, R., 2015. Efecto de seis fungicidas sobre el crecimiento in vitro de *Mycena citricolor* (Berk & Curt). *Saber y Hacer*, 2, pp.9-16. <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/38>
- Parada-Molina, P.C., Cerdán-Cabrera, C.R. and Ortiz-Ceballos, G.C., 2021. Condiciones microclimáticas en dos sistemas de producción de café. *UVserva*, 12, pp.24-29. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi12.2808>
- Parada-Molina, P.C., Gómez-Martínez, M.J., Ortiz-Ceballos, G.C., Cerdán-Cabrera, C.R. and Cervantes-Pérez, J., 2019. Fenómenos meteorológicos y su efecto sobre la producción de café en la Zona Central de Veracruz. *UVserva*, 9, pp.47-58. <https://doi.org/10.25009/uvs.v0i9.2638>
- Pérez C., A., Ramírez D., J.F. and Figueroa F., D.K., 2023. Infestación de broca del café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Scolitydae) en zonas cafetaleras del Estado de México, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 49(1), pp.1-5. <https://doi.org/10.25100/socolen.v49i1.12097>
- Pérez-Sánchez, O., Pérez-Vázquez, A., Lango-Reynoso, V., Gallardo-López, F. and Escamilla-Prado, E., 2022. Bibliographic analysis of sustainability studies in coffee agroecosystem from 2010 to 2019. *Agroproductividad*, 15(3), pp.61-73. <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i3.2129>
- Peterson, E., 2010. Influence of microhabitat conditions on the abundance of American Leaf Spot Disease (*Mycena citricolor*) on *Coffea Arabica*. *Tropical Ecology Collection (Monteverde Institute)*, pp.1-9. [https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1348&context=tropical\\_ecology](https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1348&context=tropical_ecology)
- Pham, Y., Reardon-Smith, K., Mushtaq, S. and Cockfield, G., 2019. The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. *Climate Change*, 156, pp.609-630. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>
- Pino-Miranda, E., Ramírez-Dávila, J.F., Serrato-Cuevas, R., Mejía-Carranza, J. and Tapia-Rodríguez, A., 2022. Spatial and temporal distribution of ojo de gallo (*Mycena citricolor*) in coffee plantations of the State of Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 40(3), pp.433-446. <https://www.smf.org.mx/rmf/ojs/index.php/RMF/article/view/325/331>
- Queiroz, R. B. and Fanton, C.J., 2021. Broca do café: ainda é a principal praga do cafeeiro?. In: Partelli y Pereira (eds.). *CAFÉ CONILON: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo*. Seção de Biblioteca Setorial Sul da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil, pp. 103-114. [https://www.researchgate.net/publication/355196376\\_Broca\\_do\\_cafe\\_ainda\\_e\\_a\\_principal\\_praga\\_do\\_cafeeiro](https://www.researchgate.net/publication/355196376_Broca_do_cafe_ainda_e_a_principal_praga_do_cafeeiro)
- Quintero R., M. L. y Rosales, M., 2014. El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión Gerencial*, 2, pp.291-307. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545897005.pdf>
- Restrepo, Y.C., Patiño, L.F. and Castañeda, D.A., 2008. Efecto de los nematodos en la cantidad y calidad de raíces y métodos de evaluación. *POLITÉCNICA*, 7, pp.47-57. <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/111>

- Reyes R., J., Rodríguez M., J.A., Pimienta T., D., Fuentes D., M.A., Marroquín M., P., Merino G., A. and Aguirre-Medina, J.F., 2022. Diversidad y estructura de los árboles de sombra asociados a *Coffea arabica* L. en el Soconusco, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71), pp.4-27. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i71.1191>
- Reyes-Robles, S.C., Moreno-Reséndez, A., Reyes-Carrillo, J.L., Barrera-Gaytán, J.F., Nava-Camberos, U., Lizardo-Chávez, C.Y. and Trejo-Sosa, A.R., 2021. Primer registro de *Hammoderus inermis* en *Coffea arabica* en Honduras. *Southwestern Entomologist Scientific Note*, 46(2), pp.575-579. <https://doi.org/10.3958/059.046.0235>
- Rodríguez-Hernández, O., Santoyo-Cortés, V.H., Muñoz-Rodríguez, M. and Rodríguez-Padrón, B., 2016. La posición competitiva de las organizaciones cafetaleras en Huatusco, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15, pp.2956-2979. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146724006>
- Rojas-Herrera, J.J. and Olguín-Pérez, A.M., 2018. Origen, desarrollo y perspectivas de las cooperativas cafetaleras de Huatusco Veracruz. *LiminaR* 16, pp.119-133. <https://doi.org/10.29043/liminar.v16i1.568>
- Ruíz-García, P., Conde-Álvarez, C., Gómez-Díaz, J.D. and Monterroso-Rivas, A.I., 2021. Projections of Local Knowledge-Based Adaptation Strategies of Mexican Coffee Farmers. *Climate*, 9(4), pp.1-18. <https://doi.org/10.3390/cli9040060>
- Sánchez C., V., Avendaño P., Y., Gaviria A., A. and Gómez, C., 2018. Cambio climático y café (*Coffea arabica*) en Acevedo, Huila: una lectura desde sus cultivadores. *I+D Revista de Investigaciones*, 12(2), pp.59-69. <https://doi.org/10.33304/revinv.v12n2-2018006>
- Santiago-Santiago, A.K., Arana-Coronado, O.A., Brambila-Paz, J.J., Matus-Gardea, J.A. and Sosa-Montes, M., 2020. Evaluación financiera con metodología de opciones reales de inversión para producción y venta de café orgánico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), pp.493-505. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.1877>
- Santiago-Hernández, I., Acosta-Ramos, M., Vargas-Hernández, M., López-Lima, D. and Salinas-Castro, A., 2023. Un nuevo sistema de monitoreo para la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1987 (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en México. *Revista Chilena de Entomología*, 49(3), pp.547-555. <https://www.biotaxa.org/rce/article/view/83218>
- Servicio Meteorológico Nacional., 2023. *Monitor de sequía en México (MSM)* [en línea]. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico> [Consultado el 27 de septiembre de 2023].
- SENASICAa (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), 2016. *Ojo de gallo Mycena citricolor* (Berkeley & Curtis). [pdf] Dirección General de Sanidad Vegetal. Disponible en: <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20cafeto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Ojo%20de%20gallo.pdf> [Consultado en julio de 2023].
- SENASICAb (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), 2016. *Roya del Cafeto Hemileia vastatrix* Verkeley & Brome. [pdf]. Disponible en: <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Roya%20cafeto/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Roya%20del%20cafeto.pdf> [Consultado en marzo de 2023].
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), 2019. *Roya del Cafeto Hemileia vastatrix* Verkeley & Brome. *Aviso público del riesgo y situación actual*. [pdf]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/466534/9\\_Aviso\\_P\\_blico\\_Roya\\_del\\_cafetov2.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/466534/9_Aviso_P_blico_Roya_del_cafetov2.pdf) [Consultado en marzo de 2023].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2021. *Anuario Estadístico de la producción Agrícola. Resumen nacional por cultivo*. [en línea] Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> [Consultado el febrero de 2023].

- Silva, M.C., Julca-Otoniano, A., Alvarado, L., Castro-Cepero, V., Borjas, R., Gómez, L., Pereira, A.P., Nielen, S., Ingelbrecht, I. and Várzea, V., 2021. Survey of *Hemileia vastatrix* races from Peru to identify potential coffee mutants with disease resistance. *In: 29° Conference of Association for the Science and Information on Coffee*. Montpellier, France. pp: 84. <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/23282/1/Silva%20et%20al.%20Asic2021.pdf>
- Tavares, P. D. Giarolla, A., Chou, S.C., Silva, A.J.D. and Lyra, A.D., 2018. Climate change impact on the potential yield of Arabica coffee in Southeast Brazil. *Regional Environmental Change*, 18, pp. 873-883. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1236-z>
- Toniutti, L., Breitker, J.-C., Etienne, H., Campa, C., Doulebeau, S., Urban, L., Lambot, C., Pinilla, J.-Ch. and Bertrand, B., 2017. Influence of Environmental Conditions and Genetic Background of Arabica Coffee (*C. arabica* L.) on Leaf Rust (*Hemileia vastatrix*) Pathogenesis. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2025. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02025>
- Torres C., N.E., Melchor-Martínez, E.M., Ochoa S., J.S., Ramirez-Mendoza, R.A., Parra-Saldívar, R. and Iqbal, H.M. N., 2020. Impact of climate change and early development of coffee rust - An overview of control strategies to preserve organic cultivars in Mexico. *Science of the Total Environment*, 738, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140225>
- Vega, F.E., Infante, F. and Johnson, A.J., 2015. The Genus *Hypothenemus*, with Emphasis on *H. hampei*, the Coffee Berry Borer. *In: Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species* (Eds. Vega, F.E.; Hofstetter, R.W.), pp.427-494. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417156-5.00011-3>
- Wagner, S., Jassogne, L., Price, E., Jones, M. and Preziosi, R., 2021. Impact of Climate Change on the Production of Coffea Arabica at Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Agriculture*, 11, pp.1-15. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010053>
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. and David, C., 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, pp. 503-515. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_3)
- World Coffee Research., 2023. *Costa Rica 95 Catimor, Variedad de muy alto rendimiento, adaptada para las zonas cálidas y suelos ácidos*. [en línea] Disponible en: <https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/variedades/costa-rica-95> [Consultado en octubre de 2022].
- Zamarripa C., A. and Escamilla P., E., 2021. La producción de café Robusta (*Coffea canephora* P.) en México. n: Partelli y Pereira (eds.). CAFÉ CONILON: Conilon e Robusta no Brasil e no Mundo. Seção de Biblioteca Setorial Sul da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil. pp.75-87. [https://www.researchgate.net/publication/354951535\\_CAFE\\_CONILON\\_Conilon\\_e\\_Robusta\\_no\\_Brasil\\_e\\_no\\_Mundo](https://www.researchgate.net/publication/354951535_CAFE_CONILON_Conilon_e_Robusta_no_Brasil_e_no_Mundo)