



Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE ECONOMÍA

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN DOS REGIONES DEL ESTADO DE VERACRUZ

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE: MAESTRA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECOLÓGICA

PRESENTA:

L.C. MARÍA EUGENIA RONZÓN BENITEZ

DIRECTORA:

DRA. ANA CECILIA TRAVIESO BELLO

CODIRECTORA:

DRA. MARÍA ISABEL HERNÁNDEZ SÁNCHEZ

AGOSTO, 2020

XALAPA, VERACRUZ

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIAS

CONTENIDO	
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
Descripción del problema	9
Justificación	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Pregunta de Investigación	13
Hipótesis	13
REFERENCIAS	13
CAPÍTULO II. PERCEPCIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL CULTIVO DE CAFÉ EN VERACRUZ, MÉXICO	19
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	20
MATERIALES Y MÉTODOS	24
RESULTADOS	25
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	36
REFERENCIAS	37
CAPÍTULO III. ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN VERACRUZ, MÉXICO	42
RESUMEN	42
INTRODUCCIÓN	43
MATERIALES Y MÉTODOS	46
RESULTADOS	50
CONCLUSIONES	63
REFERENCIAS	64
CONCLUSIONES GENERALES	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Impactos ecológicos sobre el cultivo de café según la percepción de los productores de café socios de la UPByE y Vida, A.C	29
Tabla 3.1	Estimación del efecto individual de las variables climáticas sobre la producción de café	52
Tabla 3.2	Estimación de los efectos de las variables geográficas, climáticas y agrícolas sobre la producción de café	53
Tabla 3.3	Estimación de la función de producción con la variable climática precipitación acumulada de verano lineal	56
Tabla 3.4	Análisis de multicolinealidad del modelo	57
Tabla 3.5	Test RESET de omisión de no linealidades	57
Tabla 3.6	Prueba de normalidad Skewness-Kurtosis	58
Tabla 3.7	Test de White sobre homocedasticidad de los errores	59
Tabla 3.8	Estimadores robustos de White	60
Tabla 3.9	Estimación de la producción mediante la aplicación de las proyecciones de escenarios de cambio climático a 2030	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Percepción de los productores sobre cambios en el clima	27
Figura 3.1	Gráfico p-p de normalidad de los errores	57
Figura 3.2	Gráfico de los residuales contra los valores estimados	58

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático es considerado el problema ambiental más importante (Conde, 2010), además representa una amenaza en términos económicos y sociales para los distintos sectores, siendo el agrícola uno de los más vulnerables a las manifestaciones de este fenómeno (Ocampo, 2011).

Los expertos utilizan modelos climáticos para pronosticar lo que sucederá en el futuro, sin embargo, no se cuenta con modelos que permitan simular con total precisión el comportamiento del clima (Conde, 2011). Se prevé el incremento de la temperatura y cambios en los regímenes de lluvia, que tendrán efectos sobre la producción, el rendimiento de los cultivos, los precios, el consumo y la nutrición (IFPRI, 2009; Conde, 2010).

Los impactos del cambio climático sobre la agricultura serán heterogéneos, por lo que identificarlos resulta complejo (Conde *et al.*, 2016). Es necesario que las proyecciones globales sean analizadas también a nivel regional, para lo cual es necesario que se realicen más estudios que faciliten la toma de decisiones y permitan hacer frente a los impactos del cambio climático (Conde, 2011).

México es vulnerable a los efectos del cambio climático debido a sus características geográficas, por lo que es necesario que se realicen evaluaciones en todas sus regiones y sectores (Conde, 2010; Conde *et al.*, 2016) que permitan minimizar la incertidumbre respecto a los impactos del cambio climático esperados.

En ese contexto, el presente estudio analiza los impactos del cambio climático sobre la producción de café en dos regiones de la zona centro del estado de Veracruz. El documento se integra de cuatro capítulos. El primero describe el problema del cambio climático y sus impactos sobre la agricultura, de manera más

específica sobre el cultivo de café en el estado de Veracruz. Así como la relevancia, pertinencia y alcance de la investigación.

El segundo capítulo se titula “Percepción de los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café en Veracruz, México” y cumple con la estructura de artículo que solicita una revista científica. En este se describe el perfil sociodemográfico de productores socios de dos organizaciones cafetaleras ubicadas en las regiones de Coatepec y Huatusco. Se analiza la percepción de los productores respecto a cambios en el clima y los impactos del cambio climático sobre la producción del café.

En el tercer capítulo titulado “Estimación de los impactos del cambio climático sobre la producción de café en Veracruz, México” se estiman los impactos del cambio climático sobre la producción de café mediante el enfoque de la función de producción. Se analizan las variables que influyen en la variación de la producción de café cereza, mediante el software estadístico Stata. Por último, se presentan las conclusiones generales de la tesis

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Descripción del problema

Actualmente el cambio climático es reconocido como un problema de alcance mundial, debido a los efectos negativos que genera tanto en los sistemas naturales como humanos (IPCC, 2014). Derivado de este fenómeno, diversos autores anticipan el aumento de la temperatura global, lluvias más impredecibles y la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos más intensos y frecuentes (Martínez y Fernández, 2004; Ibarrarán, 2007; Viguera *et al.*, 2017a).

El sector agrícola es uno de los más afectados a nivel mundial por las variaciones de la temperatura y precipitación, debido a su dependencia directa con el clima y a que estos factores son determinantes para el desarrollo de los cultivos, la producción y los rendimientos agrícolas (Altieri y Nicholls, 2009; Vergara *et al.*, 2014).

Entre los efectos del cambio climático sobre la agricultura se prevé el desplazamiento de las áreas óptimas para el desarrollo de los cultivos hacia altitudes mayores, la disminución de superficies aptas para la producción (CEPAL y CAC/SICA, 2014; AEAC, 2015), cambios en el uso de suelo, alteraciones en la fertilidad y el deterioro de los ecosistemas (Läderach *et al.*, 2011; Guzmán, 2014; Brigido *et al.* 2015). Además, se producirán cambios en el ciclo hidrológico y, por tanto, en el almacenamiento, disponibilidad y calidad del agua (Vergara *et al.*, 2014).

Los cambios antes mencionados generarán impactos económicos, sociales y ambientales que se manifestarán en pérdida de cosechas, reducción de la productividad y escasez de los alimentos. En consecuencia, se espera el incremento de los precios, que amenaza la seguridad alimentaria; también se calculan grandes pérdidas económicas, que se reflejarán a través de la disminución del Producto Interno Bruto (PIB) global, así como la degradación de

los recursos naturales (Altieri y Nicholls, 2009; Vergara *et al.*, 2014; Viguera *et al.*, 2017a).

Los impactos a los que se enfrenta el sistema agrícola varían según la región, el clima, el suelo, la disponibilidad de agua y el tipo de cultivo, estos efectos incrementan la vulnerabilidad de los productores e inciden en el desarrollo económico de cada país (CEPAL y CAC/SICA, 2014; USAID, *et al.* 2016; Viguera *et al.*, 2017b). En México, la agricultura es una fuente importante de empleo (FAO, 2018).

El cultivo de café destaca en términos económicos, sociales y ambientales; se cultiva en una superficie total de 711,526 hectáreas distribuidas en 14 estados de la República Mexicana. Esta actividad económica es el sustento de miles de productores y sus familias, proporciona empleos a más de 3 millones de personas (Pronatura Veracruz A.C., 2018; SIAP, 2018b).

Las plantas de café son altamente sensibles a las variaciones de temperatura y precipitación (Bunn *et al.*, 2014; Coffe & Climate 2016; Aranda, 2017) que causan daños en las raíces, quiebre de las plantas, reducción de la formación de yemas florales, floración errática o continua, reducción del crecimiento, anomalías en las hojas y tallos, caída prematura de hojas y flores, aceleración de la maduración del fruto y problemas en el llenado del grano, que resulta en granos más pequeños y de menor calidad, reduciendo los rendimientos y por lo tanto los precios (Läderach *et al.*, 2011; Davis *et al.*, 2012; USAID *et al.*, 2016; Viguera *et al.*, 2017b).

Asociado a lo anterior, se prevé la disminución de los polinizadores y el aumento en la incidencia de plagas, hongos y enfermedades como la roya (*Hemileia vastatrix* B) y la broca del café (*Hypothenemus hampei* F.) (CEPAL y CAC/SICA, 2014; USAID *et al.*, 2016; Viguera *et al.*, 2017b).

En 2018 el estado de Veracruz ocupó el segundo lugar en producción de café aportando el 24.7% del volumen nacional. La superficie cosechada fue de 129,206 hectáreas producidas por 91,343 cafeticultores, en 1,368 localidades que pertenecen a 94 municipios (Hernández, 2018; SIAP, 2018a) y 10 regiones cafetaleras distribuidas de la siguiente manera: la zona norte está conformada por Huayacocotla y Papantla; la zona centro abarca los municipios de Atzalan, Misantla, Coatepec, Huatusco, Córdoba, Zongolica y la zona sur comprende a Tezonapa y los Tuxtlas (Pronatura México A.C. Región Veracruz, 2017; CENACAFE, 2018).

El policultivo tradicional es el sistema de cultivo que predomina en la entidad, funciona como sumidero de carbono y genera menos contaminantes. Los cafetales bajo sombra permiten la conservación de la biodiversidad, brindan servicios ambientales tales como la limpieza del aire, captación de agua, control de erosión del suelo, regulación de la temperatura y proveen una diversidad de productos que aprovechan las familias productoras a escala regional y local (Robledo y Escamilla, 2016; Pronatura México A.C. Región Veracruz, 2017).

Se han realizado investigaciones para las zonas cafetaleras de la entidad veracruzana, mediante la aplicación de modelos climáticos para distintos escenarios del siglo XXI, destacando los siguientes estudios. Gay *et al.* (2004) exploraron la sensibilidad de la producción de café frente a variaciones climáticas y económicas; Villers *et al.* (2009) identificaron los impactos potenciales del cambio climático sobre la floración y el desarrollo del fruto del café. Luego, Rivera *et al.* (2013) evaluaron la vulnerabilidad de la producción del grano; Granados *et al.* (2014) analizaron los efectos del cambio climático sobre la producción cafetalera, mientras que Brigido *et al.* (2015) estimaron el posible grado de alteración de la fertilidad de suelo y el cambio en la productividad.

Justificación

El presente trabajo de investigación forma parte del proyecto titulado “Análisis de los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación de los pequeños productores de café, en el centro del estado de Veracruz”, a cargo de la Dra. Ana Cecilia Travieso Bello.

La importancia de llevar a cabo este estudio reside en la identificación de los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café desde la percepción de los agricultores, así como la estimación de estos impactos sobre la producción. Al respecto la CEPAL *et al.* (2011) reconocen la necesidad de realizar más investigaciones sobre la relación entre el cambio climático y la agricultura, debido a la importancia de los cultivos en la seguridad alimentaria.

Los resultados de esta investigación pueden contribuir en el diseño de políticas públicas que permitan reducir vulnerabilidad del cultivo ante los impactos negativos del cambio climático y mejorar la calidad de vida de los productores de café, así como la conservación del patrimonio natural y de los servicios ecosistémicos. Por ello, resulta pertinente llevar a cabo este proyecto, el cual tiene como objetivo general y específicos, los siguientes:

Objetivo general

Analizar los impactos del cambio climático sobre la producción de café en dos regiones de la zona centro del estado de Veracruz.

Objetivos específicos

1. Analizar los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café desde la percepción de los productores socios de dos organizaciones cafetaleras de la zona centro de Veracruz.

2. Estimar los impactos del cambio climático sobre la producción de café en dos regiones cafetaleras de la zona centro de Veracruz.

Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los impactos del cambio climático sobre la producción de café en las regiones de Coatepec y Huatusco de la zona centro de Veracruz?

Hipótesis

Los impactos del cambio climático sobre la producción de café en las regiones de Coatepec y Huatusco son cambios en el número y fecha de las floraciones, incremento en las malformaciones y en la caída de flor, caída y amarillamiento de hoja, marchitamiento de la planta, aumento en las malformaciones de los granos, presencia de granos verdes y maduros en una misma rama, disminución de las abejas polinizadoras y proliferación de la roya. En consecuencia, aumento de los costos de producción, disminución de la producción y de los ingresos de los productores de café.

REFERENCIAS

- Altieri, M. y Nicholls, C. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA revista de agroecología*, pp. 5-8.
- Aranda, J. (2017). Manual de buenas prácticas para la producción de café sustentable. México: USAID.
- AEAC (Asociación Española Agricultura de Conservación). (2015). La agricultura y el cambio climático. España: AEAC. Suelos Vivos.
- Brigido, J., Nikolskii, I., Terrazas, L. y Herrera, S. (2015). Estimación del impacto del cambio climático sobre fertilidad del suelo y productividad de café en Veracruz, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. VI, núm. 4, pp. 101-116.

- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle, O. y Kirschke, D. (2014). A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. Springer: Climatic change, 129, pp. 89-101.
- CENACAFÉ (Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café). (2018). Estados productores de café en México. <http://www.cenacafe.org.mx/estados.html>. (Consultado el 15 de octubre de 2018).
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) e IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2011). Agricultura y cambio climático: instituciones, política e innovación. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y CAC/SICA (Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericano). (2014). Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica. México, D.F Naciones Unidas.
- Coffe & Climate (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. Guatemala: Hanns R. Neumann Stiftung Américas.
- Conde, A. (2010). El cambio climático. De lo inequívoco a lo incierto. En México frente al cambio climático. Retos y oportunidades (pp. 17-33). México: Universidad Nacional Autónoma de México
- Conde, C. (2011). México y el cambio climático global. México: Semarnat.
- Conde, A.; Enríquez, G.; Esquivel, N.; López, J.; López, F.; Montes, R.; Nava, Y. y Ruiz, K. (2016). Variabilidad climática y escenarios de cambio climático. Herramientas para los estudios de impactos potenciales y vulnerabilidad actual y futura. Ejemplos para México, Centroamérica y El Caribe. En Variabilidad y Cambio Climático. Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático

- en América Latina y el Caribe Propuestas para Métodos de Evaluación (pp. 25-72). México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Davis, A., Gole, T., Baena, S y Moat, J. (2012). The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities. PLoS ONE, Volume 7 (11), pp. 1-12.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2012). México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. de Sitio web: <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-cambio-climatico.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). México rural del Siglo XXI. www.fao.org/publications.
- Gay C., Estrada, F., Conde, C. y Eakin, H. (2004). Impactos Potenciales del Cambio Climático en la Agricultura: Escenarios de Producción de Café para el 2050 en Veracruz (México). In: García, J.C., Liaño, D., Fernández, P., Garmendia, C. & Rasilla, D. El Clima entre el Mar y la Montaña. Asociación Española de Climatología. Universidad de Cantabria. España. pp. 651-660.
- Granados, R., Medina, M.P. y Peña, V. (2014). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafecultura. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol.5 Núm.3, pp. 473-485.
- Guzmán, F. (2014). Evaluación del impacto del cambio climático en el cultivo de café en la cuenca alta del río Sisa – provincia de Lamas y El Dorado, región San Martín. Apuntes de InvestigAcción, No. 2, pp. 1-22.
- Hernández, M. (2018). *Capital social en organizaciones cafetaleras: estudio de caso en las regiones Coatepec y Huatusco, Ver.* (tesis doctoral). El Colegio de Veracruz. Xalapa, Enríquez.
- Ibarrarán, M. (2007). Estudio sobre Economía del Cambio Climático en México. Universidad Iberoamericana Puebla: México.

- IFPRI (International Food Policy Research Institute) (2009). Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. 3215, de Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias Sitio web: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). (2014). Impactos, adaptación y vulnerabilidad. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf. (Consultado el 10 de noviembre de 2019).
- Läderach, P., Hagggar, J., Lau, C., Eitzinger, A., Ovalle, O., Baca, M., Jarvis, A. y Lundy, M. (2011). Café Mesoamericano: Desarrollo de una Estrategia de Adaptación al Cambio Climático. CIAT políticas, en síntesis, No. 2, pp. 1-4.
- Martínez, J. y Fernández, A. (2004). Cambio climático: una visión desde México. México: Instituto Nacional de Ecología. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ocampo, O. (2011). El cambio climático y su impacto en el agro. Revista de ingeniería, 33, pp. 115-123
- Pronatura México A.C. Región Veracruz. (2017). Regiones Cafetaleras de Veracruz, aroma de la biodiversidad. https://issuu.com/pronaturaveracruz/docs/cafe_y_biodiversidad_web_isu. (Consultado el 15 de octubre de 2018).
- Pronatura Veracruz A.C. (2018). Cafetales. Pronatura Veracruz A.C. http://www.pronaturaveracruz.org/ecoforestal/ef_cafetales.php. (Consultado el 15 de octubre de 2018).
- Rivera, M., Nikolskii, L., Castillo, M., Ordaz, V., Díaz, G. y Guajardo, R. (2013). Vulnerabilidad de la Producción del Café (*Coffea Arabica* L.) al Cambio Climático Global. Terra Latinoamericana, vol. 31, núm. 4, pp. 305-313.

- Robledo, J y Escamilla, E. (2016). Buenas prácticas para la cosecha del café. Manual del Técnico. SAGARPA, COFUPRO y CENACAFE. México, CÓDICE/ Servicios Editoriales. Páginas 69.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018a). Avance de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por estado. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do. (Consultado el 10 de noviembre de 2018)
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018b). Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por estado. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do. (Consultado el 14 de mayo de 2020).
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura) y Anacafé (Asociación Nacional del Café de Guatemala). (2016). Reduciendo la vulnerabilidad al cambio climático del sector cafetalero en Guatemala. Guatemala: USAID.
- Vergara, W., Rios, A., Trapido, P. y Malarín, H. (2014). Agricultura y Clima Futuro en América Latina y el Caribe: Impactos Sistémicos y Posibles Respuestas: Banco Interamericano de Desarrollo BID.
- Viguera, M., Martínez, M., Donatti, C., Harvey, C. y Alpízar, F. (2017a). El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Costa Rica: Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional- CATIE), 44 páginas.
- Viguera, M., Martínez, M., Donatti, C., Harvey, C. y Alpízar, F. (2017b) Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). 47 páginas

Villers, L., Arizpe, N., Orellana, R., Conde, C. y Hernández, J. (2009). Impactos del Cambio Climático en la Floración y Desarrollo del Fruto del Café en Veracruz, México. *Interciencia*, vol. 34, núm. 5, pp. 322-329.

CAPÍTULO II. PERCEPCIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL CULTIVO DE CAFÉ EN VERACRUZ, MÉXICO

RESUMEN

En la actualidad el cambio climático representa una amenaza para el cultivo de café por lo que se han realizado investigaciones en las zonas cafetaleras del estado de Veracruz que predicen lo que puede pasar a distintos escenarios del siglo XXI, sin embargo, son pocos los estudios que recogen las percepciones locales de este fenómeno. En este contexto se analizaron los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café desde la percepción de los productores socios de dos organizaciones cafetaleras ubicadas en las regiones de Coatepec y Huatusco. El trabajo de campo se realizó de octubre de 2018 a marzo de 2019, se aplicaron 64 cuestionarios a partir de los cuales se caracterizó el perfil sociodemográfico de los productores, se identificó su percepción sobre cambios en el clima y los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café. Los productores perciben cambios en el clima desde hace 15 años, principalmente en temperatura, precipitación y sequías, los cuales consideran negativos para el cultivo de café. Los impactos del cambio climático sobre el cultivo se clasificaron en ecológicos, económicos y sociales, algunos de estos impactos fueron atribuidos por los productores a otros factores como malas prácticas de siembra, la edad avanzada de las plantas, falta de fertilización y la presencia de plagas y enfermedades en el cafetal, entre otros. Se concluye que el conocimiento de las percepciones locales en conjunto con el conocimiento científico abona al desarrollo de medidas para hacer frente al fenómeno global del cambio climático.

Palabras clave: Percepción; impactos del cambio climático; organizaciones cafetaleras; productores; roya del café (*Hemileia vastatrix*)

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno natural y de escala global que se ha acelerado debido a actividades antropogénicas (uso de combustibles fósiles y deforestación), principalmente. Expertos predicen el incremento de la temperatura media anual, cambios en los patrones de distribución espacio-temporales de las precipitaciones y la ocurrencia más frecuente de eventos hidrometeorológicos extremos (Läderach *et al.* 2011, AEAC 2015, Viguera *et al.* 2017a).

El cambio climático producirá impactos en los diferentes sectores a nivel mundial (Altieri y Nicholls 2009, Vergara *et al.* 2014), en el caso de la agricultura los impactos serán heterogéneos en función de las características de cada región (Galindo, 2010; Viguera *et al.* 2017b).

En México, la agricultura representa una fuente importante de empleo (FAO 2018) donde el café es considerado un cultivo estratégico, ya que brinda empleos a más de 500,000 productores y sus familias (SAGARPA 2017). De acuerdo con datos del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2018 se produjeron 852,158 toneladas en 14 estados del país; las principales entidades productoras fueron Chiapas (40.7%), Veracruz (24.7%), Oaxaca (15.9%) y Puebla (8.25%).

El policultivo tradicional es el sistema de producción que predomina en las regiones cafetaleras del país, es decir, plantaciones de café bajo árboles de sombra que incluyen especies nativas e introducidas, funcionan como sumideros de carbono, conservan la biodiversidad, controlan la erosión del suelo y permiten la captación de agua (Läderach *et al.* 2011, Robledo y Escamilla 2016). A pesar de la importancia del cultivo de café en términos económicos, sociales y ambientales, las proyecciones prevén mayores impactos para México derivados del cambio climático (Läderach *et al.* 2011, Boyd y Ibararán 2016).

Veracruz es el segundo estado productor a nivel nacional, el café se cultiva en 10 regiones cafetaleras distribuidas en la zona norte (Huayacocotla y Papantla), centro (Atzalan, Misantla, Coatepec, Huatusco, Córdoba y Zongolica) y sur (Tezonapa y los Tuxtlas) de la entidad. La producción se concentra en la zona centro (Sagarpa y INIFAP 2013) en la que destacan las regiones de Coatepec y Huatusco que en 2018 contribuyeron con 45.24% de la superficie estatal sembrada y 41.77% de la producción (SIAP 2018). Sin embargo, el cultivo de café es altamente sensible a los cambios de temperatura, variaciones en los patrones de precipitación y ocurrencia de eventos extremos (Bunn *et al.* 2014, CEPAL/CACSICA 2014).

En consecuencia, incrementos en la temperatura aceleran la maduración del fruto del café y disminuyen la calidad en taza. El comienzo de la floración depende de la estación lluviosa, por lo que lluvias erráticas dan lugar a ciclos adicionales de cosecha que a su vez incrementan los costos de producción. Por otra parte, lluvias extremas provocan la caída de flores y frutos, lo cual resulta en menos granos, más pequeños y de menor calidad, por lo que el precio del café disminuye. Además, variaciones en la temperatura y precipitación favorecen el aumento en la presencia de plagas y enfermedades del café (Läderach *et al.* 2011).

Expertos realizaron estudios en algunas zonas cafetaleras del estado de Veracruz mediante la aplicación de modelos climáticos y pronosticaron lo que puede suceder a distintos escenarios del siglo XXI. Gay *et al.* (2004) exploraron la sensibilidad de la producción de café frente a cambios climáticos y económicos, construyeron escenarios a 2050 y estimaron los posibles efectos del cambio climático sobre la producción. Granados *et al.* (2014) identificaron los efectos del cambio climático sobre la producción de café en la Vertiente del Golfo de México y realizaron proyecciones a 2020, 2050 y 2080.

Por su parte, Villers *et al.* (2009) identificaron los impactos de cambio climático sobre la floración y el desarrollo del fruto de la planta de café en la región de

Huatusco. Mientras que Rivera *et al.* (2013) evaluaron la vulnerabilidad de la producción de café arábigo (*Coffea arabica* L.) en la zona centro del estado mediante escenarios climáticos a 2050. En tanto, Brigido *et al.* (2015) estimaron el impacto del cambio climático sobre la fertilidad del suelo y productividad del café para finales del siglo XXI.

De tal forma que se han realizado investigaciones que identifican los posibles impactos del cambio climático sobre la producción de café en un futuro, sin embargo, son pocos los estudios llevados a cabo en la entidad que recogen las percepciones locales de este fenómeno global. Aunque el clima que se percibe puede diferir de los datos climatológicos que se registran, el estudio de la percepción del clima es de interés psicológico, sociológico y climatológico (suministra elementos de referencia relativos al cambio climático) (Vide, 1990).

La percepción es un proceso cognitivo de reconocimiento, interpretación y significación a partir del cual se elaboran juicios de los estímulos y sensaciones que obtiene el sujeto del entorno, donde intervienen además el aprendizaje y la memoria (Vargas, 1994). Al respecto, Correa (2011) declara que las percepciones y cambios observados en el entorno por los habitantes de una determinada región son válidos e importantes, por lo que todos los pueblos poseen conocimientos formales o informales sobre el clima los cuales deben integrarse al conocimiento científico.

Para Soares y García (2014) los estudios de percepción posibilitan el reconocimiento y fortalecimiento de experiencias y conocimientos tradicionales. Vélez-Torres *et al.* (2016) consideran que el conocimiento de las percepciones locales sobre el cambio climático, permitirá que se planteen políticas para actuar frente a los impactos que se deriven. Por último, Herrador-Valencia y Paredes (2016) reconocen la importancia de la comprensión de los contextos locales a través de la información que brindan los campesinos y grupos indígenas a partir de sus observaciones.

Debido a la magnitud de este fenómeno y sus manifestaciones heterogéneas, las investigaciones que documentan las percepciones locales sobre los impactos del cambio climático no pretenden la generalización de los resultados, sino, el acercamiento a un grupo específico de personas que los perciben directamente (Soares y García, 2014; Corona, 2018; Soares *et al.*, 2018). Con relación a lo anterior, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2012) señalan que se requiere más información sobre los impactos del cambio climático a nivel regional o en zonas particulares.

En la Sierra andina del Ecuador, Herrador-Valencia y Paredes (2016) analizaron la percepción de agricultores de pequeña escala respecto a los cambios en las variables climáticas y sus posibles causas. Viguera *et al.*, (2019) llevaron a cabo un estudio de las percepciones de productores cafetaleros habitantes de Turrialba y Los Santos en Costa Rica, sobre cambios en temperatura, precipitación y sus impactos. En México, Soares y García (2014) analizaron la percepción de los campesinos indígenas de la cuenca de Jovel en Chiapas, respecto a cambios en la periodicidad e intensidad de los eventos hidrometeorológicos derivados del cambio climático. De la misma forma, Vélez-Torres *et al.* (2016) estudiaron la percepción de agricultores periurbanos y rurales de la ciudad de León Guanajuato respecto al cambio climático.

Por otro lado, Soares *et al.* (2018) exploraron las percepciones de actores sociales locales (campesinos, asalariados y funcionarios públicos) del distrito de Margaritas Comitán en Chiapas, respecto a las manifestaciones del cambio climático en la región. Corona (2018) analizó la perspectiva sobre el cambio climático de migrantes que retornaron a seis comunidades del estado de Puebla, México. Por último, en el estado de Veracruz, Manson (2018) sondeó las percepciones de los productores de distintas microrregiones cafetaleras del centro de la entidad y el Río Jamapa, con relación al cambio climático y sus impactos sobre el sector cafetalero.

En este contexto el objetivo del presente estudio fue analizar los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café desde la percepción de los productores socios de dos organizaciones cafetaleras de la zona centro de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó como estrategia de investigación el estudio de caso, para Stake (1998) se refiere al estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, donde destaca la unicidad y la principal finalidad es la particularización y no la generalización. Según Yin (1994) comprende un todo y lo define como una pregunta empírica que investiga un fenómeno dentro de su contexto real. Mientras que Simons (2011) se refiere al enfoque cuya tarea fundamental es entender la naturaleza distintiva del caso particular.

El estudio se realizó con dos organizaciones cafetaleras de la zona centro del estado de Veracruz; en la región Coatepec, la Unión de Productores, Beneficiadores y Exportadores (UPByE) y en la región de Huatusco, Vinculación y desarrollo agroecológico, A.C. (Vida, A.C.). Estas regiones se caracterizan por poseer condiciones climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo de café, se sitúan entre los 1 000 y 1 350 msnm, con una temperatura media anual entre 12 y 19°C y precipitación media anual entre los 1 350 y 2 200 mm (Manson *et al.* 2008, Manson 2018).

La UPByE agrupa a 90 productores que pertenecen a los municipios de Coatepec, Emiliano Zapata y Xalapa. Mientras que Vida, A.C., se conforma por 550 socios de los municipios de Ixhuatlán del Café, Amatlán de los Reyes y Cosautlán de Carvajal. La selección de las organizaciones se debió a que existen vínculos con sus dirigentes y, además, mostraron disposición para participar en el estudio.

Se aplicó una encuesta a 64 productores socios de las dos organizaciones (20 en la UPByE y 44 en Vida, A.C.) mediante un cuestionario estructurado que constó de

preguntas abiertas y cerradas. Se obtuvo información a partir de la cual se caracterizó el perfil sociodemográfico de los productores, se identificó la percepción de los productores sobre cambios en el clima y los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café.

La aplicación del cuestionario se realizó mediante un método de muestreo por conveniencia (Otzen y Manterola 2017), los criterios de selección fueron la facilidad del acceso a los productores y su disposición para brindar información. El trabajo de campo se llevó a cabo de octubre de 2018 a marzo de 2019. Los datos obtenidos se registraron en el programa IBM® SPSS® Statistics 24 y los resultados se analizaron mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS

Perfil sociodemográfico de los productores

En la UPByE, 65% de los productores encuestados son hombres y 35% son mujeres, la edad promedio de los socios es de 66.8 años (rango: 40 a 80 años) y el nivel de escolaridad promedio es de 5.8 años, es decir primaria (rango: 0 a 16). Por otra parte, en Vida, A.C., 45.5% de los socios encuestados son mujeres y 54.5% son hombres, la edad promedio es de 52.7 años (rango: 26 a 80 años); el grado promedio de escolaridad de los productores es de 7.2 años (rango: 0 a 16 años) lo que equivale a primer año de secundaria.

El total de los socios encuestados de la UPByE son productores de café convencional, de los cuales 80% comercializa su café en cereza, 8% en pergamino y 12% en tostado y molido. La superficie promedio de las parcelas es de 2.1 ha (rango: 0.003 a 5.5 ha). Adicional a los ingresos provenientes por la venta de café, 70% de los productores perciben otros ingresos, 57% son pensionados o jubilados, 29% son trabajadores por cuenta propia (apicultor,

electricista, jardinero u operador de maquinaria) y 14% tienen ingresos por renta o son propietarios de un negocio.

En Vida, A.C. 47.7% de los socios encuestados producen café orgánico, 45.5% son productores convencionales y 6.8% realizan la transición del manejo convencional al orgánico. Respecto a la comercialización y en comparación con la UPByE, en Vida son más los productores que buscan agregar valor a su producto al venderlo en pergamino (36.2%) o tostado y molido (13.1%), aunque también lo comercializan en cereza (50.7%). Las parcelas de los socios encuestados tienen una superficie promedio de 2.52 ha (rango: 0.310 a 10 ha).

La mayoría de los socios de esta organización (75%) diversifica sus fuentes de ingreso, 37.8% trabajan por cuenta propia, 32.4% perciben ingresos por la comercialización de productos y subproductos provenientes del cafetal como plátano (*Musa x paradisiaca* L.), velillo de plátano, palma camedor (*Chamaedorea arenbergiana*), y tepejilote (*Chamaedorea tepejilote*), entre otros; 19% son beneficiarios de programas sociales como Prospera y 65 y más, 8.1% son comerciantes, y 2.7% son jubilados.

Percepción de los productores sobre cambios en el clima

En ambas organizaciones el total de los productores encuestados percibe cambios en el clima; 60% de la UPByE y 77.3% de Vida, A.C. manifestó haberlos observado desde hace quince años. Los principales cambios percibidos en el clima son en la temperatura, la precipitación y las sequías (Figura 1).

Con referencia a la temperatura, 55% de la UPByE y 45.7% de Vida, A.C perciben más calor, aunque también han observado cambios bruscos (31% de UPByE y 35.7% de Vida, A.C.), el resto mencionó que han percibido más frío. Respecto a la precipitación, la mayoría (85% en la UPByE y 84.1% de Vida, A.C.) considera que

son irregulares y que se han retrasado (70.6% de la UPByE y 56.8% de Vida, A.C.).

La sequía se mencionó con mayor frecuencia entre los socios de la UPByE (55%), en comparación con los socios de Vida, A.C. (43.2%), sin embargo, en la región de Coatepec consideran que el período de la sequía se ha mantenido (54.5%), mientras que en la región de Huatusco mencionaron que se ha prolongado.

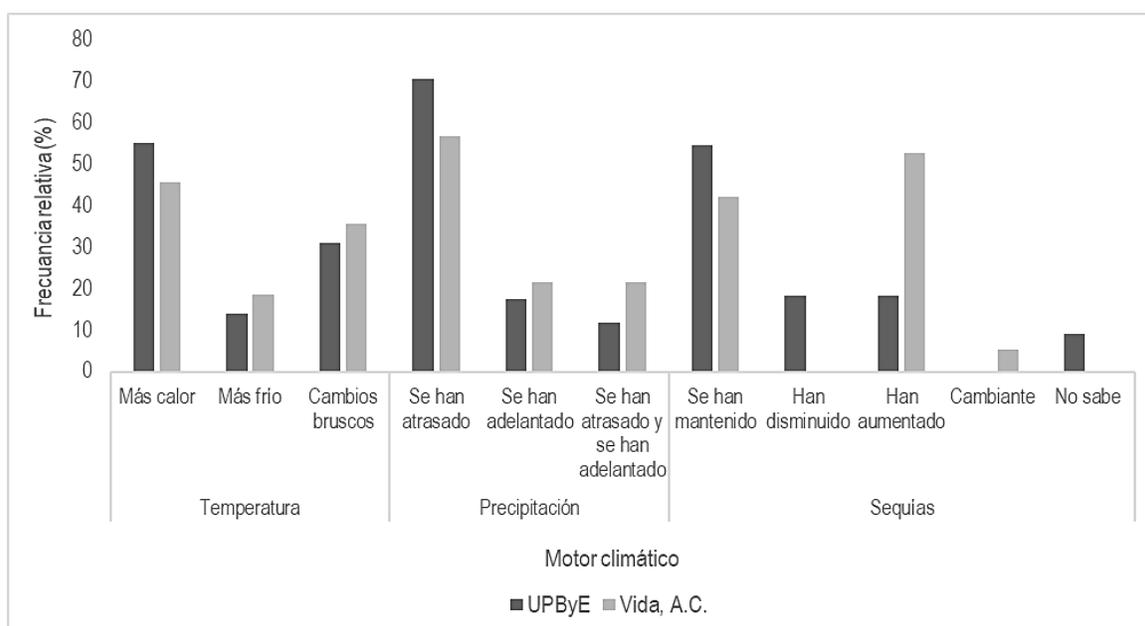


Figura 2.1 Percepción de los productores sobre cambios en el clima
Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta.

La mayoría de los productores encuestados de ambas organizaciones (70% de la UPByE y 79.5% de Vida) manifestó que los cambios percibidos en el clima son negativos para el cultivo de café pues el aumento de la temperatura quema la flor, reseca los frutos y disminuye los rendimientos; mientras que el aumento de la intensidad de la precipitación, provoca retrasos en la floración, caída de las cerezas, marchitamiento de la planta y retraso de actividades como la cosecha.

Otros (5% de UPByE y 11.4% de Vida, A.C.) consideran que los cambios en el clima son positivos porque el retraso les permite sembrar en fechas que antes no podían, pero a la vez son negativos porque el aumento de la temperatura y la humedad permitieron que proliferaran enfermedades como el hongo de la roya (*Hemileia vastatrix*) y plagas como los nematodos (*Meloidogyne* spp). El resto (25% de la UPByE y 9.1% de Vida), señala que los cambios en el clima no les afecta.

Impactos del cambio climático sobre el cultivo de café según los productores

A continuación, se describen los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café desde la percepción de los productores. Los impactos se clasificaron en ecológicos, económicos y sociales.

Impactos ecológicos

Los impactos ecológicos tienen que ver con fenología de la planta, incidencia de plagas y enfermedades y polinización en el cafetal (Tabla 2.1).

Los socios encuestados de ambas organizaciones observaron una disminución en el número de floraciones del café. De acuerdo con los de la UPByE (64.7%) hace 20 años se daban entre cuatro y siete floraciones, mientras que los socios de Vida (58.3%) mencionaron que antes se daban de una a tres, pero ahora se dan una o dos debido a que la flor no pega (“flor loquita”) o que se vuelve hoja.

Concerniente a los períodos de floración, los productores de la UPByE señalaron que se daban entre los meses de febrero a abril, pero ahora se da de abril a junio. Por su parte, los productores de Vida manifestaron que antes se daba de marzo a mayo, pero ahora se da en mayo y junio, en ambos casos, los meses de floración se han retrasado. Además, los productores también han percibido un incremento

en la caída de la flor y asocian este suceso con cambios en el clima, presencia de plagas y enfermedades, falta de nutrientes y con un proceso natural-abortivo de la planta de café.

Tabla 2.1 Impactos ecológicos sobre el cultivo de café según la percepción de los productores de café socios de la UPByE y Vida, A.C.

Impacto percibido	UPByE %	Vida, A.C. %
Disminución del número de floraciones del café	94.1	66.7
Cambios en los períodos de floración	70.0	75.0
Incremento en las malformaciones de la flor	45.0	47.7
Aumento en la caída de flor	40.0	61.4
Caída de hoja en sus parcelas	85.0	84.1
Amarillamiento de hoja	100	84.1
Marchitamiento de planta	65.0	45.4
Incremento en las malformaciones de los granos de café	35.0	59.1
Presencia de granos verdes y maduros en una misma rama	75.0	81.8
Disminución del número de abejas polinizadoras en los cafetales	60.0	54.6
Proliferación de la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>)	80.0	70.4

Fuente: elaboración propia con datos de la encuesta.

Por otro lado, los productores observaron caída de hoja en sus parcelas, la cual relacionan con la presencia de enfermedades como la roya del café (*Hemileia vastatrix*) y el ojo de gallo (*Mycena citricolor*); plagas como nemátodos (*Meloidogyne* spp); cambios en el clima, especialmente lluvias intensas y fríos extremos; falta de nutrientes o nutrientes inadecuados y falta o exceso de sombra.

En adición a lo anterior, sugieren que la proliferación de estas plagas y enfermedades, el incremento de la temperatura y la falta de fertilización, han provocado el amarillamiento de hoja de sus cafetales. Los productores de la Unión añaden a las posibles causas de este impacto la presencia de sequías y defectos en las raíces de las plantas.

Asimismo, los socios de la UPByE han observado marchitamiento de la planta, lo cual relacionan con la presencia de nemátodos (*Meloidogyne* spp) y del gusano barrenador (*Plagiohamus maculosus* Bates). Así como la falta de agua, sombra y fertilización, junto a la edad avanzada de las plantas. Cabe mencionar que en Vida más de la mitad de los productores encuestados manifestaron que no han observado marchitamiento de planta en sus cafetales.

Referente al fruto del café, los productores encuestados de Vida notaron un incremento en las malformaciones de los granos, situación que suponen negativa ya que afecta el rendimiento y el comprador sanciona el precio, pero exponen que en su caso no afecta la calidad en taza, pues separan el café. Mientras que 35% de los productores de la UPByE no perciben las malformaciones del grano pues lo comercializan en cereza y las estas solo se perciben en pergamino.

Por otro parte, la mayoría de los productores de ambas organizaciones han observado granos verdes y maduros en una misma rama, hecho que es cada vez más frecuente, sobre todo en zonas frías o en el temporal de corte.

En cuanto al número de abejas en los cafetales, los productores observaron que ha disminuido, aunque 6.8% de los productores de Vida mencionaron que estas han aumentado ya que no aplican agroquímicos y asocian al cafetal árboles melíferos. Los productores mencionaron otros polinizadores como lo son tenchalita, melipona o jicote (*Melipona beecheii*), mariposas (*Lepidoptera*), abejorros (*Bombus terrestris*) y colibríes (*Trochilidae*), los cuales también han disminuido en sus parcelas.

Por último, uno de los principales impactos del cambio climático que percibieron los productores fue la proliferación de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), enfermedad fúngica causante de una importante disminución de la producción y bajos rendimientos.

Impactos económicos

Los productores declararon una disminución en la producción (70% de la UPByE y 59.1% de Vida, A.C.). La mayoría de los socios de la UPByE (92.3%) reportaron la disminución del número de cortes del café, ya que antes realizaban de cuatro a cinco y ahora realizan uno o dos. De igual manera la mitad de los productores de Vida manifestaron una reducción, pues antes realizaban de dos a tres cortes y ahora sólo uno al que consideran de “buena producción”, 42.3% señalaron que los cortes han incrementado.

Por el contrario, los costos relacionados con las actividades productivas se han incrementado (75% de la UPByE y 75% de Vida, A.C.) ya que debido a la presencia de roya (*Hemileia vastatrix*) muchos de los productores derribaron sus cafetales y renovaron con variedades tolerantes, las cuales requieren más cuidado y, por lo tanto, mayor inversión. Algunos otros mencionaron que los costos se mantienen, ya que ellos y su familia realizan las actividades (no contratan mano de obra) y lo que ganan, lo gastan en producir.

Sin embargo, los productores señalan que los precios del café en cereza han empeorado principalmente los socios de la Unión (95% de la UPByE y 54.5% de Vida, A.C.), mientras que los del café en pergamino se han mantenido y los del café tostado y molido han mejorado, de esta manera los ingresos que obtienen los productores por la venta de café han disminuido (85% de la UPByE y 68.2% de Vida, A.C.).

Impactos sociales

La disminución en los ingresos obtenidos por la venta del café deterioró la calidad de alimentación de los productores y sus familias (El 60% de la UPByE y 61.4% de Vida, A.C.), debido a que ya no les alcanza para adquirir lo que antes podían comprar y su alimentación es desbalanceada. Algunos otros productores (35% de

la UPByE y 11.4% de Vida, A.C.) mencionaron que la disminución de los ingresos por la venta de café no afecta su calidad de alimentación, ya que tienen otras fuentes de ingreso, por lo que no dependen únicamente del café.

Asociado a lo anterior, 55% en la UPByE y 68.2% en Vida, A.C. manifestaron que algún miembro de su familia ha migrado en busca de empleos que les permitan mejorar sus condiciones de vida (económicas y de educación principalmente) y las de su familia.

DISCUSIÓN

Los productores de ambas organizaciones han percibido cambios en el clima, principalmente incrementos de la temperatura, variaciones en los patrones de precipitación y sequía. Los cambios en el clima son percibidos como negativos ya que consideran que las condiciones de humedad favorecieron la proliferación del hongo de la roya (*Hemileia vastatrix*), las sequías provocan que el café se seque y las variaciones en las lluvias afectan los períodos de floración y los ciclos de cosecha, dando como resultado la disminución de la producción.

Los resultados anteriores, coinciden con los reportados por Cerdán *et al.* (2012) quienes detectaron los efectos del cambio climático en la producción de café en Costa Rica a partir del conocimiento de los agricultores, quienes manifestaron haber sentido cambios en el clima desde hace 10 años, consideran que ahora el clima es más cálido, hay menos lluvias y los patrones de precipitación y sequía se han modificado; no obstante, fueron pocos (37%) los agricultores que consideraron estos cambios como negativos para el cultivo de café.

Por su parte, Herrador-Valencia y Paredes (2016) encontraron que los agricultores percibieron más calor en la actualidad con respecto a los últimos 30 años y que los cambios más importantes se han producido en los últimos 10 años debido a que el

incremento de la temperatura ha afectado sus cultivos y, por lo tanto, sus medios de vida.

Los productores de ambas organizaciones coinciden en que han observado cambios en el número de floraciones y en los meses de floración, así como incremento en las malformaciones y caída de la flor de café. Manson (2018) también encontró que productores de café de la cuenca del Río Jamapa percibieron floración atípica, aborto de flores y disminución de la floración. En cuanto a los impactos en las hojas de los cafetos, los productores de Vida y la UPByE coincidieron al señalar que la caída de hoja ha aumentado, situación que relacionaron principalmente con la presencia de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en sus parcelas.

Otros impactos observados por los productores en sus parcelas son el amarillamiento de hoja, marchitamiento y muerte de planta, cambio en el número de cortes de café y aumento en las malformaciones del grano. Estos impactos sobre el cultivo de café son relacionados por los productores con cambios en el clima, pero también con otros factores como procesos naturales de la planta, falta de nutrientes, fertilizantes, o abono, no se regula la sombra, malas prácticas de siembra, problemas o edad avanzada de la planta, entre otros.

Al respecto, Arcila *et al.* (2007) mencionan que cuando las condiciones de los suelos en los que se establecen los cafetales son desfavorables para el desarrollo de las plantas, se manifiesta amarillamiento de hoja, defoliación, secamiento del fruto, baja producción y muerte de planta. Mientras que el desarrollo foliar es altamente sensible a las deficiencias hídricas, plagas y enfermedades como la roya del café y podas excesivas de la planta. El desarrollo de la flor del cafeto se puede alterar por factores genéticos, nutricionales y patológicos que dan lugar al aborto o caída de flor, así como reducción de la capacidad de floración o por el contrario a floraciones continuas.

Con relación a lo anterior, Coffee & Climate (2016) manifiesta que no siempre es fácil o útil aislar los impactos y relacionarlos únicamente con el clima. En el estudio de Viguera *et al.* (2019) algunos de los problemas en la producción reportados por los productores no los asocian con el cambio climático. Los mencionados con mayor frecuencia fueron daños provocados por la roya del café (*Hemileia vastatrix*) y el ojo de gallo (*Mycena citricolor*). Otros daños fueron relacionados con la floración dispersa, muerte de plantas, caída de flor y fruto, frutos pequeños, secado del fruto, granos vanos, marchitamiento de hoja y secado de los botones florales.

De acuerdo con Granados *et al.* (2014) estos impactos sobre el cafetal afectan la producción y por lo tanto la calidad del café, lo que resulta en pérdidas económicas para el cafeticultor. Relacionado con lo anterior, los socios de la UPByE y Vida manifestaron una disminución en la producción de café, estos resultados coinciden con el último reporte del FIRA (2017) referente a la disminución del rendimiento promedio por hectárea de café cereza en México, el cual fue de 1.3 toneladas durante el ciclo 2016-2017. El organismo atribuye la reducción de la producción a la presencia de roya en las principales entidades cafetaleras del país. Según SAGARPA (2017) la incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix*), así como la caída del precio en el mercado mundial del café ha dado lugar a la reducción de casi el 50% de la producción nacional.

Por otro lado, los costos relacionados con la actividad cafetalera han incrementado, ya que los productores han tenido que renovar los cafetales con variedades tolerantes a la roya (*Hemileia vastatrix*), por lo que necesitan cada vez más recursos para llevar a cabo sus actividades productivas. Aunado a lo anterior, los productores manifestaron la baja de los precios del café cereza, mientras que el café en pergamino se ha mantenido y el tostado y molido ha mejorado, sin embargo, el total de los productores encuestados de la UPByE y casi la mitad de los socios de Vida comercializan el café en cereza.

Al respecto, Brigido *et al.* (2015) advierten para finales del siglo XXI, la disminución de entre 10 y 34% de la productividad de café arábigo (*Coffea arabica* L.) dependiendo la región. Destacan la importancia de considerar la fertilidad del suelo y sus alteraciones en las estimaciones de productividad y reconocen a Coatepec y Huatusco como las regiones cafetaleras más vulnerables frente al cambio climático debido a la escasez de agua, alcanzando valores de 25 y 30% de pérdida de la producción en sus estimaciones.

Por su parte, Vélez-Torres *et al.* (2016) encontraron que los agricultores percibieron afectaciones en las actividades agrícolas debido al cambio climático, sin embargo, sugieren que es la falta de rentabilidad económica de la actividad y no el cambio climático la razón por la que han tenido que diversificar sus fuentes de ingreso, los cuales a su vez les permiten seguir produciendo.

Además, la disminución de los precios y por tanto de los ingresos por la venta del café afectan la calidad de alimentación de los productores y sus familias, quienes han diversificado sus fuentes de ingreso para no depender únicamente del café. Aunado a lo anterior, los productores manifestaron que ellos o algún miembro de su familia ha migrado en busca de empleo que les permita mejorar su calidad de vida y la de sus familias. Baca *et al.* (2014) consideran que variaciones en los rendimientos y por tanto en los ingresos, limitan el acceso de las familias y los productores a alimentos, educación y salud, por lo anterior, las familias migran en busca de empleos.

Lo anterior coincide con lo expuesto por Rosales-Martínez *et al.* (2014) para quienes la migración constituye una estrategia de supervivencia frente a condiciones de pobreza, esto en busca de mejorar las condiciones económicas y de satisfacer las necesidades familiares. Para Hidalgo y Mora (2016) el cambio climático pasó de ser un fenómeno ambiental a ser reconocido un riesgo económico y de seguridad humana. De acuerdo a los autores el cambio climático

incide sobre las formas de vida, por lo que plantean una relación entre este fenómeno global y la migración.

CONCLUSIONES

Los cafeticultores de dos de las regiones cafetaleras más importantes del estado de Veracruz han percibido cambios en el clima desde hace por lo menos 15 años; los principales cambios observados son aumento de la temperatura, lluvias irregulares y períodos más prolongados de sequía. Las variaciones de los motores que determinan el clima son negativos para el café desde la perspectiva de los cafeticultores, quienes manifestaron que han observado algunos cambios en sus cultivos.

Los impactos sobre la producción de café que han percibido los productores los atribuyen al cambio climático, pero también a las malas prácticas de siembra, edad avanzada de las plantas, falta de agua, abono, fertilizantes o nutrientes, uso de agroquímicos, exceso de sombra y a la presencia de plagas y enfermedades del café.

Algunos de los principales impactos observados son en la flor y en la cereza del café, en las plantas y sus hojas, así como en sus parcelas. Además, los productores de ambas organizaciones coincidieron en que la presencia de la roya en sus cafetales ha aumentado, mientras que los polinizadores han disminuido.

Todo lo anterior ha derivado en la disminución de la producción, que aunado al incremento de los costos relacionados con las actividades productivas de los cafeticultores y a la disminución de los precios y, por lo tanto, de los ingresos por la venta del café, afectan la calidad de alimentación de los productores y sus familias, quienes han migrado en busca de una mejor calidad de vida.

Contrastar los resultados obtenidos en este estudio respecto a los impactos del cambio climático sobre la producción de café desde las percepciones de los productores, contra datos meteorológicos y experimentos en campo, resultaría valioso pues complementarían los conocimientos científicos existentes y orientaría a los tomadores de decisiones para enfrentar este fenómeno global.

REFERENCIAS

- AEAC (Asociación Española Agricultura de Conservación). (2015) La agricultura y el cambio climático. Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos. España. 32p.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2009). Cambio climático y agricultura campesina: impactos y respuestas adaptativas. LEISA revista de agroecología, pp. 5-8.
- Boyd, R. y Ibararán, M. (2016). El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial. Gaceta de Economía Tomo I:115-133.
- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle, O. y Kirschke, D. (2014). A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. Springer: Climatic change, 129:89-101.
- Brigido, J., Nikolskii, I., Terrazas, L. y Herrera, S. (2015). Estimación del impacto del cambio climático sobre fertilidad del suelo y productividad de café en Veracruz, México. Tecnología y Ciencias del Agua, VI:101-116.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). y CAC/SICA Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericano). (2014). México, D.F Naciones Unidas.
- Coffee & Climate (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. Guatemala: Hanns R. Neumann Stiftung Américas.

- Corona, M.A. (2018) El conocimiento, la percepción y disponibilidad para afrontar el cambio climático en una población emergente, los migrantes de retorno. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo regional* 28:2-28. DOI: <http://dx.doi.org/10.24836/es.v28i52.578>
- Correa, S. (2011). El clima: conocimientos, creencias, prácticas y percepciones de cambio en el Darién, Caribe colombiano. En *Perspectivas culturales del clima* (pp. 367-394). Bogotá: Astrid Ulloa.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018) *México rural del Siglo XXI*. www.fao.org/publications. (Consultado el 23 de agosto de 2018).
- Galindo, L. (2010). *La Economía del Cambio Climático en México*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Gay C., Estrada, F., Conde, C. y Eakin, H. (2004). Impactos Potenciales del Cambio Climático en la Agricultura: Escenarios de Producción de Café para el 2050 en Veracruz (México). *El Clima entre el Mar y la Montaña* 4: 651-660.
- Granados, R., Medina, M.P. y Peña, V. (2014). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafecultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.5 Núm.3, pp. 473-485.
- Herrador-Valencia, D. y Paredes, M. (2016) Cambio climático y agricultura de pequeña escala en los Andes ecuatorianos: un estudio sobre percepciones locales y estrategias de adaptación. *Journal of Latin American Geography* 15: 101-121.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) - SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012). *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*: México, p. 182.
- Läderach, P., Hagggar, J. Lau, C., Eitzinger, A., Ovalle, O., Baca, M., Jarvis, A. y Lundy, M. (2011). *Café mesoamericano: Desarrollo de una estrategia de*

adaptación al cambio climático. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Políticas en Síntesis no. 2, 4p.

Manson, R. (2018). Programa de café y cambio climático para cafetaleros de la cuenca del río Jamapa. Primera edición. INECOL. México. 148p.

Rivera, M., Nikolskii, L., Castillo, M., Ordaz, V., Díaz, G. y Guajardo, R. (2013). Vulnerabilidad de la Producción del Café (*Coffea Arabica* L.) al Cambio Climático Global. *Terra Latinoamericana* 31: 305-313.

Robledo, J. y Escamilla, E. (2016). Buenas Prácticas para la Cosecha de Café. Manual Técnico. México: CÓDICE / Servicios Editoriales.

Otzen, T., y Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) / INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2013). Cafeticultura en la Zona Centro del Estado de Veracruz: diagnóstico, productividad y servicios ambientales. México.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2017) Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. México, 188 p. <https://www.inforural.com.mx/planeacion-agricola-nacional-2017-2030/>. (Consultado el 15 de noviembre de 2019).

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018) Café cereza cierra su ciclo productivo 2018. México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/cafe-cereza-cierra-su-ciclo-productivo-2018?idiom=es>. (Consultado el 8 de agosto de 2019).

Simons H. (2011). El estudio de caso: Teoría y práctica. Ediciones Morata S.L. Madrid, España. 262p

Soares, D. y García, A. (2014). Percepciones campesinas indígenas acerca del cambio climático en la cuenca de Jovel, Chiapas – México. *Cuadernos de Antropología Social* 39:63-89.

- Soares, D., García, A y Manzano, L. (2018). Cambio climático. Percepciones sobre manifestaciones, causas e impactos en el Distrito de Temporal Tecnificado Margaritas-Comitán, Chiapas. *Ciencia ergo-sum*, 25:1-12.
- Stake R.E. (1998). Investigación con estudio de casos. Segunda edición. Ediciones Morata, S.L. Madrid, España. 159p
- Vargas, L. (1994). Sobre el concepto de percepción. *Alteridades*, 4:47-53.
- Vélez-Torres, Á., Santos-Ocampo, Á., De La Tejera-Hernández, B. y Monterroso-Rivas, A. (2016). Percepción del cambio climático de los agricultores periurbanos y rurales del municipio de León, Guanajuato. *Revista de Geografía Agrícola* 57:7-18.
- Vergara, W., Rios, A., Trapido, P. y Malarín, H. (2014). Agricultura y Clima Futuro en América Latina y el Caribe: Impactos Sistémicos y Posibles Respuestas: Banco Interamericano de Desarrollo BID.
- Vide, J. (1990). La percepción del clima en las ciudades. *Revista de Geografía*, XXIV, :27-33.
- Villers, L., Arizpe, N., Orellana, R., Conde, C. y Hernández, J. (2009). Impactos del Cambio Climático en la Floración y Desarrollo del Fruto del Café en Veracruz, México. *Interciencia* 34:322-329.
- Viguera, M., Martínez, M., Donatti, C., Harvey, C. y Alpízar, F. (2017a). El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Costa Rica: Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional- CATIE), 44 p.
- Viguera, M., Martínez, M., Donatti, C., Harvey, C. y Alpízar, F. (2017b). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). 47 páginas.
- Viguera, B.; Alpízar, F.; Harvey, C.; Martínez-Rodríguez, R. y Saborío-Rodríguez, M. (2019). Percepciones de cambio climático y respuestas adaptativas de

caficultores costarricenses de pequeña escala. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (2), Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43759027002>

Yin R.K. (1994) *Investigación sobre estudio de casos. Diseño y Métodos. Volumen 5*. SAGE publications. London. 35 p.

CAPÍTULO III. ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN VERACRUZ, MÉXICO

RESUMEN

En los últimos años ha crecido el interés por medir los impactos del cambio climático sobre la agricultura, pues se prevé que será una de las actividades más afectadas. En México, la producción de café es considerada una actividad clave dentro del sector agrícola, la cual es vulnerable a los impactos del cambio climático. En ese sentido, se estimaron los impactos del cambio climático sobre la producción de café de ocho municipios que pertenecen a las regiones cafetaleras de Coatepec (6) y Huatusco (2). Se construyó una base de datos con información geográfica, climática y agrícola que abarcó el período de 2004 a 2015. Se estimaron los impactos del cambio climático mediante el enfoque de la función de producción, mediante el paquete de software estadístico Stata. De acuerdo con los resultados, las variables que explican la variación en el volumen de producción de café cereza son la precipitación acumulada de verano y la superficie cosechada, ambas relacionadas de forma positiva con el volumen de producción. En contraste, las variables de temperatura máxima y mínima de primavera, verano, otoño e invierno resultaron individualmente no significativas en el modelo global. Se concluyó que no existe suficiente información para afirmar que el cambio climático esté afectando la producción de café cereza y se reconoció la necesidad de información más precisa que permita mayores alcances para futuras investigaciones sobre cultivos y regiones específicas.

Palabras clave: agricultura; cambio climático; enfoque estructural; estimación de los impactos; producción

INTRODUCCIÓN

El clima global está cambiando a un ritmo acelerado debido al aumento en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) procedentes de actividades antrópicas como la industrialización, la quema de combustibles fósiles, la explotación de recursos naturales y la deforestación (Conde, 2011); que han dado origen al cambio climático, uno de los principales desafíos del siglo XXI (Galindo, 2010).

Estudios realizados en la región de América Latina y el Caribe demuestran que el cambio climático impactará de manera negativa a la agricultura y a las comunidades que dependen de esta actividad, por su alta vulnerabilidad, pues afecta sus medios de subsistencia y amenaza su seguridad alimentaria mediante la reducción de la producción y el aumento en el precio de los alimentos (AECID, 2018; FAO *et al.*, 2018; López-Feldman *et al.*, 2018).

En México el sector agropecuario representa una actividad económica fundamental por su participación en el Producto Interno Bruto (PIB), la generación de empleos directos e indirectos y la participación de los sectores más vulnerables. Los impactos del cambio climático son significativos y heterogéneos por entidad federativa, debido a las diferentes características geográficas al interior del país (Galindo, 2010).

El café es un cultivo estratégico para el sector agrícola mexicano, su producción es clave para garantizar la seguridad alimentaria, en atención a su importancia en el consumo, gasto y generación de empleos (SAGARPA, 2017). Se produce en zonas que cumplen con las características geográficas y condiciones climáticas que requiere el cultivo para su desarrollo. Las entidades que aportan los mayores volúmenes de café cereza son Chiapas, Veracruz y Puebla (SIAP, 2018).

En los últimos años ha aumentado el interés por medir los impactos del cambio climático sobre el sector agrícola (Hernández *et al.*, 2014), toda vez que se prevé

que será la actividad más afectada económicamente (López-Feldman y Hernández, 2016). No obstante, el análisis de los impactos del cambio climático resulta complejo ya que involucra diferentes variables (climáticas, económicas, sociales y de producción), escalas (global, regional, nacional, local o incluso a nivel finca) y enfoques metodológicos (CEPAL *et al.*, 2011). En general se distinguen dos tipos de enfoque: el estructural y el espacial.

El enfoque estructural combina las respuestas biofísicas de cultivos específicos ante escenarios climáticos, con las respuestas económicas de los agricultores mediante la función de producción empírica (Hernández *et al.*, 2014). Este enfoque proporciona una comprensión detallada de los ajustes físicos, biológicos y económicos (Schimmelpfennig *et al.*, 1996); pero no incorpora las adaptaciones de los agricultores (Mc Carl *et al.*, 2001).

Por su parte, el enfoque espacial estima los efectos del cambio climático sobre la agricultura, atendiendo a las diferencias entre las regiones. Asume la disposición por parte de los productores de adoptar prácticas agrícolas de otras regiones con condiciones distintas, de modo que el ajuste estructural y los procesos de adaptación no generan ningún costo. También asume que las respuestas de los cultivos y de los productores ya están presentes, por lo que deja fuera los cambios en la producción y en el precio de los insumos a nivel global, que afectan a nivel finca (Adams *et al.*, 1998; Mc Carl *et al.*, 2001).

Este último enfoque se basa en modelos Ricardianos, de Equilibrio General Computable (CGE por sus siglas en inglés) y de Sistemas de Información Geográfica (SIG), que estiman los efectos del cambio climático en la agricultura, atendiendo a las diferencias en el valor de la tierra, la producción agrícola y otros impactos (Hernández *et al.*, 2014).

El modelo Ricardiano mide los efectos de variables climáticas y económicas sobre el alquiler o el valor neto de las tierras agrícolas en el largo plazo (Mendelsohn *et*

al., 1994; Mendelsohn *et al.*, 2009). A diferencia de la función de producción, este método considera la capacidad de adaptación de los agricultores, no obstante, una desventaja es el sesgo potencial de las variables omitidas (Bozzola *et al.*, 2018).

Por su parte, los modelos de SIG suponen modificaciones en las características de una región debido al cambio climático, lo cual afecta la idoneidad agrícola. Mientras que los de CGE estiman los efectos sobre la producción y los cambios económicos a nivel regional o global (Adams *et al.*, 1998).

En ese contexto, la CEPAL evaluó los impactos del cambio climático en los cultivos más importantes de Centroamérica. Estos estudios permiten cuantificar el efecto que ocasionan las variaciones en temperatura y precipitación sobre la producción, los rendimientos, las ganancias y el valor de la tierra de los agricultores de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá (Mora *et al.*, 2010a; Mora *et al.*, 2010b; Ordaz *et al.*, 2010a; Ordaz *et al.*, 2010b; Ordaz *et al.*, 2010c; Ramírez *et al.*, 2010).

De igual manera, se llevaron a cabo estudios en diferentes regiones de Perú, donde Torres (2010) cuantificó el impacto del cambio climático en los principales cultivos de exportación. Rivera y Álvaro (2013) analizaron el impacto del cambio climático sobre la variación en los ingresos agrícolas de productores de café. Tonconi (2014) estudió los efectos del cambio climático sobre la producción de aceituna y Carrasco (2016) determinó los efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de quinua.

Por su parte, López-Feldman *et al.* (2018) estimaron el impacto del cambio climático sobre la agricultura en la región del Caribe. Mientras que SAGARPA y FAO (2014) estimaron los impactos de las variaciones de la temperatura y precipitación, sobre el sector agropecuario mexicano.

Actualmente existe un gran avance de la literatura para evaluar los efectos del cambio climático en la agricultura a nivel global, sin embargo, aún no se han realizado suficientes estudios que analicen los impactos del cambio climático de una región en particular, por ello se requieren investigaciones precisas para las diferentes zonas geográficas (Galindo, 2010; CEPAL, 2012).

En este contexto, el objetivo de este estudio es estimar los impactos del cambio climático sobre la producción de café en dos regiones cafetaleras de la zona centro de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las regiones cafetaleras de Coatepec y Huatusco localizadas en la zona centro del estado de Veracruz, donde la cafecultura es una actividad de gran relevancia. Autores como Rivera *et al.* (2013) y Brigido *et al.* (2015) identifican a estas dos regiones como las más vulnerables al cambio climático y estiman que la productividad de café de la entidad disminuirá durante el siglo XXI.

Debido a la disponibilidad de la información, para la región de Coatepec se incluyeron los municipios de Acatlán, Altotonga, Coatepec, Cosautlán de Carvajal, Naolinco y Teocelo y para la región de Huatusco, Ixhuatlán del Café y Totutla. Se construyó una base de datos con 16 variables clasificadas en geográficas, climáticas y agrícolas para el período de 2004 a 2015.

Las variables geográficas incluyeron datos de altitud y latitud de los municipios, los cuales se obtuvieron del marco geoestadístico del INEGI (2020). Las variables climáticas incorporaron los promedios de temperatura máxima y mínima (°C) de primavera, verano, otoño e invierno; así como la precipitación acumulada (mm). Estos datos fueron tomados del CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional (CLICOM, 2019; SMN, 2020). Por último, las variables agrícolas incluyeron

información anual de superficie cosechada (ha) y volumen (ton) de la producción del café cereza, información disponible en SIAP (2020).

Para la valoración de los impactos del cambio climático sobre la producción se seleccionó el enfoque de la función de producción, recomendado por Ordaz *et al.* (2010b) para analizar sectores de producción o cultivos específicos; ya que permite determinar los umbrales de temperatura y precipitación que implican beneficios o perjuicios para el cultivo.

Cabe mencionar que este enfoque presenta principalmente dos desventajas, por un lado, puede sobrestimar los efectos negativos del cambio climático, al no considerar la adaptación (Mendelsohn *et al.*, 1994) y, por otro lado, puede generar problemas de colinealidad¹ en las estimaciones (Ordaz *et al.*, 2010a).

Este método relaciona la producción con variables relativas al clima y las condiciones del suelo (exógenas); trabajo, capital y fertilizantes (endógenas) y con las características de los agricultores (Fleischer *et al.*, 2007). Donde la producción representa la variable dependiente y las variables climáticas las independientes (CEPAL *et al.*, 2011; SAGARPA y FAO, 2014).

Por su parte, Mendelsohn *et al.* (1994) sugieren que la temperatura y la precipitación impactan de manera sistemática la agricultura y sus efectos son no lineales, por lo que emplean términos cuadráticos de las variables climáticas. De esta forma, la función de producción cuadrática permite capturar los efectos del cambio climático sobre los rendimientos.

Lo anterior, obedece al supuesto que a medida que la temperatura aumenta, el rendimiento de los cultivos crece hasta llegar al nivel óptimo de la planta, no obstante, si la temperatura continúa aumentando la producción comenzará a decrecer. De igual forma ocurre con la precipitación (Carrasco, 2016; CEPAL *et*

¹ Se le denomina colinealidad a la correlación fuerte que existe entre dos o más variables independientes Wooldridge (2013).

al., 2018). Así, se espera que los términos lineales de las variables climáticas resulten con signo positivo, mientras que los coeficientes cuadráticos resulten negativos (efectos marginales decrecientes) (SAGARPA y FAO, 2014; CEPAL y CAC/SICA 2014).

Se planteó el siguiente modelo econométrico:

$$Q_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Altitud} + \beta_2 \text{Altitud}^2 + \beta_3 \text{Latitud} + \beta_4 \text{Tmaxprim} + \beta_5 \text{Tmaxprim}^2 + \beta_6 \text{Tmaxver} + \beta_7 \text{Tmaxver}^2 + \beta_8 \text{Tmaxoto} + \beta_9 \text{Tmaxoto}^2 + \beta_{10} \text{Tmaxinv} + \beta_{11} \text{Tmaxinv}^2 + \beta_{12} \text{Tminprim} + \beta_{13} \text{Tminprim}^2 + \beta_{14} \text{Tminver} + \beta_{15} \text{Tminver}^2 + \beta_{16} \text{Tminoto} + \beta_{17} \text{Tminoto}^2 + \beta_{18} \text{Tmininv} + \beta_{19} \text{Tmininv}^2 + \beta_{20} \text{Ppacumprim} + \beta_{21} \text{Ppacumprim}^2 + \beta_{22} \text{Ppacumver} + \beta_{23} \text{Ppacumver}^2 + \beta_{24} \text{Ppacumoto} + \beta_{25} \text{Ppacumoto}^2 + \beta_{26} \text{Ppacuminv} + \beta_{27} \text{Ppacuminv}^2 + \beta_{28} \text{Supcos} + \mu_t$$

Donde:

Q_t = Producción de café (ton)

Altitud= Altitud (msnm)

Altitud²= Altitud (msnm) al cuadrado

Latitud= Latitud (°)

Tmaxprim= Temperatura máxima (°C) de primavera

Tmaxprim²= Temperatura máxima (°C) de primavera al cuadrado

Tmaxver= Temperatura máxima (°C) de verano

Tmaxver²= Temperatura máxima (°C) de verano al cuadrado

Tmaxoto= Temperatura máxima (°C) de otoño

Tmaxoto²= Temperatura máxima (°C) de otoño al cuadrado

Tmaxinv= Temperatura máxima (°C) de invierno

Tmaxinv²= Temperatura máxima (°C) de invierno al cuadrado

Tminprim= Temperatura mínima (°C) de primavera

Tminprim²= Temperatura mínima (°C) de primavera al cuadrado

Tminver= Temperatura mínima (°C) de verano

Tminver²= Temperatura mínima (°C) de verano al cuadrado

Tminoto= Temperatura mínima (°C) de otoño

T_{minoto}^2 = Temperatura mínima (°C) de otoño al cuadrado
 T_{mininv} = Temperatura mínima (°C) de invierno
 T_{mininv}^2 =Temperatura mínima (°C) de invierno al cuadrado
 $P_{\text{pacumprim}}$ = Precipitación acumulada (mm) de primavera
 $P_{\text{pacumprim}}^2$ = Precipitación acumulada (mm) de primavera al cuadrado
 P_{pacumver} = Precipitación acumulada (mm) de verano
 P_{pacumver}^2 = Precipitación acumulada (mm) de verano al cuadrado
 P_{pacumoto} = Precipitación acumulada (mm) de otoño
 P_{pacumoto}^2 = Precipitación acumulada (mm) de otoño al cuadrado
 P_{pacuminv} = Precipitación acumulada (mm) de invierno
 P_{pacuminv}^2 = Precipitación acumulada (mm) de invierno al cuadrado
 Supcos = Superficie cosechada (ha) de café cereza
 μ_t = Error aleatorio

Por medio del software estadístico Stata, se realizó un análisis de correlación para determinar si existía relación entre las variables. Se estimaron los efectos individuales de las variables climáticas (lineales y cuadráticos) sobre la producción. Posteriormente, se empleó un modelo de regresión múltiple, para estimar diferentes especificaciones con el fin de evitar la omisión de variables relevantes, así como de identificar la posible inclusión de variables irrelevantes al modelo (correcta especificación) (Ordaz *et al.*, 2010a).

Una vez determinado el modelo, se evaluaron los supuestos de normalidad de los errores, multicolinealidad y homocedasticidad. El método de mínimos cuadrados ordinarios se utilizó para estimar los parámetros del modelo de regresión múltiple (Wooldridge, 2013).

Se propuso como hipótesis causal multivariada que la altitud, la temperatura máxima de verano, mínima de invierno y la precipitación acumulada de otoño, determinan el volumen de producción del café cereza de los municipios considerados de las regiones de Coatepec y Huatusco.

Para estimar los cambios en la producción de café en el futuro, se utilizaron las proyecciones de escenarios de cambio climático al 2030 para el estado de Veracruz del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Dichas proyecciones se construyeron mediante los Modelos Generales de Circulación (MGC) HADGEM2-ES, MPI-ESM-LR y GFDL-CM3, para el escenario de forzamiento radiativo 8.5 (RCP por sus siglas en inglés).

Para 2030 se prevén incrementos de la temperatura entre 1.4 y 1.9 °C y cambios en la precipitación que contemplan la disminución del 2% o el incremento del 4% (INECC, 2018). Considerando lo anterior y partiendo del escenario base (2004-2015), se estima la temperatura o precipitación (según sea el caso), al cual se le suma o resta el incremento o disminución correspondiente al escenario.

RESULTADOS

Estimación de los efectos individuales de las variables climáticas sobre la producción de café

Se analizó el efecto individual de las variables climáticas sobre la producción de café en términos lineales y cuadráticos. El signo de los coeficientes fue el esperado (positivo para los términos lineales y negativo para los cuadráticos), excepto en la estimación de la precipitación acumulada de primavera que resultó positivo en ambos casos y la precipitación acumulada de invierno que dio negativo en su término lineal y positivo en términos cuadráticos

El coeficiente con signo negativo implica que los niveles de precipitación acumulada de invierno no alcanzan el nivel óptimo que aumenta la producción de café. En algunos casos, las variables climáticas resultaron significativas individualmente, sin embargo, el coeficiente de determinación resultó bajo, por lo que dichas variables no explican los cambios en la producción (Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Estimación del efecto individual de las variables climáticas sobre la producción de café

Variables	1	2	3	4	5	6
Tmaxprim	9009.536 (0.007)					
Tmaxprim ²	-148.679 (0.020)					
Tmaxver		7703.009 (0.042)				
Tmaxver ²		-124.1828 (0.092)				
Tmaxoto			3348.694 (0.259)			
Tmaxoto ²			-41.90653 (0.509)			
Tmaxinv				10350.92 (0.000)		
Tmaxinv ²				-202.7735 (0.001)		
Tminprim					9549.681 (0.034)	
Tminprim ²					-322.2774 (0.075)	
Tminver						8087.908 (0.034)
Tminver ²						-248.8639 (0.079)
Constante	-122822.9	-105658.9	-46156.17	-118289	-59101.49	-54164.07
Prob F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
R ²	0.3293	0.3206	0.3342	0.3472	0.2134	0.2361

Variables	7	8	9	10	11	12
Tminoto	5093.817 (0.099)					
Tminoto ²	-156.7746 (0.226)					
Tmininv		1694.565 (0.184)				
Tmininv ²		-43.96286 (0.518)				
Ppacumprim			18.91031 (0.610)			
Ppacumprim ²			.0019404 (0.976)			
Ppacumver				19.1264 (0.245)		
Ppacumver ²				-0.0067287 (0.460)		
Ppacumoto					25.34619 (0.112)	
Ppacumoto ²					-0.0146689 (0.116)	
Ppacuminv						-19.2911 (0.603)
Ppacuminv ²						.0470006 (0.671)
Constante	-29329	-3154.966	3830.022	-2211.653	-662.4141	10486.89
Prob F	0.0001	0.0303	0.0332	0.0487	0.2782	0.8488
R ²	0.1959	0.0808	0.0788	0.0702	0.0304	0.0039

Fuente: Elaboración propia

Estimación de los impactos del cambio climático sobre la producción de café mediante el modelo econométrico

Los coeficientes lineales de temperatura máxima de verano, otoño e invierno; temperatura mínima de otoño y precipitación acumulada de verano e invierno resultaron negativos para la producción; mientras que los términos cuadráticos de temperatura máxima de verano, otoño e invierno; temperatura mínima de otoño y precipitación acumulada de verano e invierno resultaron positivos. Esto indica que no se han alcanzado los niveles óptimos de temperatura y precipitación que maximizan la producción.

El modelo arrojó significancia conjunta ($\text{Prob}>F=0.000$), la bondad de ajuste fue alta ($R^2=0.8603$), pero las variables climáticas resultaron no significativas individualmente (Tabla 3.2). Esto coincide con los resultados de Torres (2010), SAGARPA y FAO (2014) y CEPAL *et al.* (2018), quienes encontraron que la inserción de términos cuadráticos genera problemas de multicolinealidad, la cual no afecta los signos de los coeficientes, pero limita su poder explicativo y ocasiona que algunos parámetros sean individualmente no significativos.

El signo de los coeficientes de las variables geográficas altitud y latitud resultó negativo y positivo respectivamente, mientras que el signo de la variable cuadrática altitud dio positivo (un aumento en la altitud, se traduce en el incremento del .4694% de la producción), pero de igual manera resultaron individualmente no significativos. Por su parte, el signo del coeficiente de la variable agrícola superficie cosechada fue positivo y resultó individualmente significativa.

Tabla 3.2. Estimación de los efectos de las variables geográficas, climáticas y agrícolas sobre la producción de café

Variables	Coficiente	Valores absolutos t estadístico
Altitud	-15.33386	0.853
Altitud ²	.004694	0.860
Latitud	2833.429	0.591
Tmaxprim	585.7855	0.829
Tmaxprim ²	-12.03194	0.805
Tmaxver	-3233.834	0.514
Tmaxver ²	46.11497	0.623
Tmaxoto	-254.9013	0.946
Tmaxoto ²	29.07629	0.709
Tmaxinv	-1480.013	0.546
Tmaxinv ²	22.74562	0.649
Tminprim	4062.185	0.482
Tminprim ²	-145.9731	0.501
Tminver	3239.738	0.525
Tminver ²	-96.53997	0.590
Tminoto	-6945.04	0.223
Tminoto ²	250.3157	0.257
Tmininv	1915.357	0.255
Tmininv ²	-105.0186	0.223
Ppacumprim	2.262854	0.908
Ppacumprim ²	-.0057826	0.866
Ppacumver	-11.31526	0.296
Ppacumver ²	.0091324	0.117
Ppacumoto	6.877079	0.515
Ppacumoto ²	-.0048211	0.413

Ppacuminv	-33.64801	0.141
Ppacuminv ²	.060523	0.356
Supcos	2.440809	0.000
Constante	139.6209	0.999
Fuente: elaboración propia.		

Por lo anterior, se rechaza la hipótesis de que la producción del café cereza en los municipios considerados de las regiones de Coatepec y Huatusco, depende de la

altitud, la temperatura máxima de verano, la temperatura mínima de invierno y la precipitación acumulada de otoño.

Estimación de los impactos del cambio climático sobre la producción de café considerando las variables individualmente significativas

Se realizaron diversas estimaciones para determinar las variables que explicaban mejor la producción. De acuerdo con los resultados de la regresión, el término lineal de la precipitación acumulada de verano y la superficie cosechada fueron las variables que explicaron mejor (82.81%) la variación de la producción de café cereza (Tabla 3.3). Mediante un análisis de correlación se encontró que la producción tiene una relación positiva con la precipitación acumulada de verano (de junio a agosto) y la superficie cosechada de 0.25 y 0.90, respectivamente.

Tabla 3.3. Estimación de la función de producción con la variable climática precipitación acumulada de verano lineal

Variable	Estimación
Ppacumver	3.014724 (0.024)
Supcos	2.273974 (0.000)
Constante	-2612.415 (0.037)
Observaciones	86
Prob F	0.000
R ²	0.8281

Fuente: elaboración propia.

La función de producción que resultó fue la siguiente:

$$Q = -2612.415 + 3.014724 Ppacumver + 2.273974 Supcos$$

Donde los coeficientes representan el cambio promedio en la variable dependiente, para una unidad de cambio en la variable independiente, manteniendo constante las demás explicativas. De esta manera, ante el incremento de una hectárea de superficie cosechada se espera el aumento de

2.27 toneladas de producción de café cereza, manteniendo constante la precipitación acumulada de verano. Al respecto, Cenicafé (2014) realizó un estudio sobre la fenología del café en Colombia para identificar las épocas del año en las que hay una mayor masa de frutos y su relación con una mayor demanda de agua y nutrientes. Encontró que la cosecha del primer semestre se forma en mayo y alcanza su máximo entre diciembre y abril, mientras que la segunda cosecha inicia en noviembre y alcanza su máximo entre junio y octubre.

En Costa Rica, Viguera *et al.* (2017) encontraron que el desarrollo de los frutos inicia con la estación lluviosa de mayo y junio. En el municipio de Coatepec, Rosales (2013) elaboró el calendario fenológico de café, en él describió las etapas de floración y fructificación, así como sus limitantes climáticas. Identificó que la etapa de crecimiento y llenado del fruto se da entre los meses de marzo a junio, periodo en que el déficit hídrico puede causar granos vacíos, parcialmente formados, negros o pequeños, lo que incide en el volumen de producción del café.

De manera similar, en el estudio realizado por Ordaz *et al.* (2010a) para Costa Rica, las variables relevantes en la función de producción del café fueron la temperatura mínima anual y el promedio de precipitación de noviembre a abril. Las pruebas les indicaron que ambas variables no son significativas individualmente para explicar los rendimientos, pero sí lo son en forma conjunta.

Por otro lado, SAGARPA y FAO (2014) estimaron la función de producción de los principales cultivos (según su volumen de producción) de 8 regiones del país. Veracruz y Tabasco conforman la primera región y los cultivos seleccionados fueron maíz, naranja y frijol. Para este último, el coeficiente lineal de la precipitación acumulada de primavera y verano resultó significativo.

Asimismo, CEPAL *et al.* (2018) estimaron la relación entre variables climáticas y los rendimientos del café en República Dominicana, encontraron que una disminución de 100 mm en la precipitación de marzo, reduciría 2% de los

rendimientos. Lo anterior, debido a que son meses considerados críticos en las fases fenológicas de la planta. Así en marzo las lluvias inducen la apertura de la floración, en tanto que la estación lluviosa de junio a septiembre es determinante en la maduración del fruto.

Por el contrario, el estudio de Galindo (2010) realizado para 30 cultivos cíclicos y 20 perennes en México, observó mayor sensibilidad a la temperatura que a la precipitación. Aunque señala que se requieren más lluvias en primavera-verano para maximizar la producción y que se tratan de resultados agregados, por lo que es importante que se realicen estudios más puntuales.

Otra de las variables que explica el volumen de producción de café en este modelo es la superficie cosechada. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rivera-Bocanegra y Alvarado (2013) que analizaron el impacto del cambio climático sobre la variación de los ingresos de los cafecultores en las principales zonas de producción en Perú y encontraron una relación directa entre la producción de café y la superficie cosechada. Por lo que aumentos en la superficie cosechada, producirá un incremento en el nivel de producción del café.

De igual forma, coinciden con los hallazgos de Jiménez-Torres y Massa-Sánchez (2015) quienes analizaron la producción de café en el cantón Espíndola, provincia de Loja, en Ecuador y encontraron una relación positiva con la superficie cosechada. Esta última variable resultó significativa dentro de su modelo, contrario a temperatura y precipitación. De modo que un aumento del 1% en la superficie cosechada, implica un incremento del 0.96% de la producción.

Evaluación de los supuestos del modelo de regresión

Para comprobar que el modelo es eficiente y los estimadores insesgados, se evaluaron los supuestos de no multicolinealidad, correcta especificación, normalidad de los errores y homocedasticidad de la varianza.

No multicolinealidad

Se evaluó la hipótesis del supuesto de no multicolinealidad y se corroboró que el factor de inflación de la varianza (VIF) de cada variable explicativa, así como el promedio del modelo fuera entre 1 y 10 (Tabla 3.4). De esta forma, se determinaron las variables que no debían incluirse en la estimación y se concluyó que no existe una correlación fuerte entre las variables independientes que si se incluyeron en el modelo.

Tabla 3.4 Análisis de multicolinealidad del modelo

Variable	VIF	1/VIF
Epacum_ver	1.03	0.972462
Sup_cos	1.03	0.972462
Mean VIF	1.03	

Fuente: elaboración propia.

Correcta especificación del modelo

Posterior a la estimación, se realizó la prueba Ramsey Reset para la detección de posibles variables omitidas que son relevantes para el modelo y evitar un problema de especificación y sesgos en los estimadores. Los resultados arrojaron que la forma funcional es correcta, es decir, que el modelo está libre de no linealidades omitidas (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Test RESET de omisión de no linealidades

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of Vol_prod	
Ho: model has no omitted variables	
F(3, 80) =	1.44
Prob > F =	0.2381

Fuente: Elaboración propia.

Normalidad de los errores

Se evaluó el supuesto de normalidad de los errores mediante la prueba Skewness-Kurtosis (Tabla 3.6). En forma conjunta la probabilidad es mayor que 0.05, de tal manera que no se rechaza la hipótesis nula; y, por lo tanto, los errores se distribuyen de manera normal (Figura 3.1)

Tabla 3.6 Prueba de normalidad Skewness-Kurtosis

Skewness/Kurtosis tests for Normality					
Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	joint	
				adj chi2(2)	Prob>chi2
errores	86	0.4774	0.0502	4.43	0.1090

Fuente: elaboración propia.

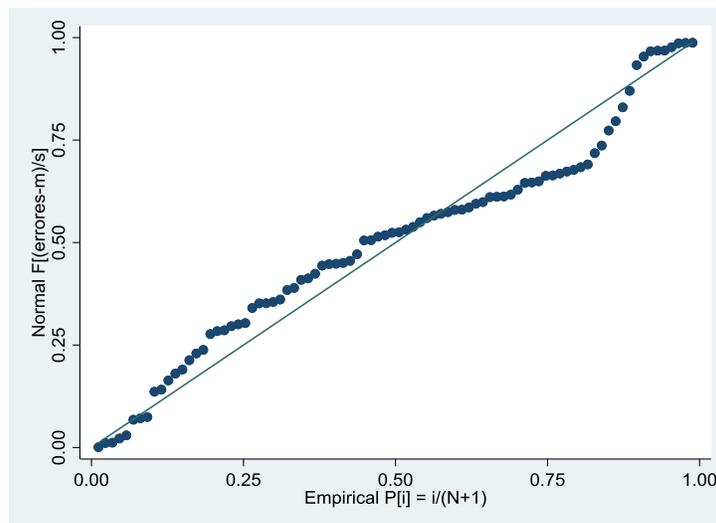


Figura 3.1 Gráfico p-p de normalidad de los errores

Fuente: elaboración propia.

Homocedasticidad de la varianza

Se evaluó la homocedasticidad mediante la prueba White, cuya hipótesis nula establece que la varianza de los errores es constante. La probabilidad resultó menor que 0.05 (Tabla 3.7), por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir, que existe heterocedasticidad y por lo tanto los errores no se distribuyen de manera constante (Figura 3.2). La presencia de heterocedasticidad es común cuando se utilizan datos de corte transversal y no genera sesgos en el estimador (Bravo y Vásquez, 2008). Puede corregirse utilizando los estimadores robustos de White.

Tabla 3.7 Test de White sobre homocedasticidad de los errores

White's test for Ho: homoskedasticity			
against Ha: unrestricted heteroskedasticity			
chi2(5)	=	21.31	
Prob > chi2	=	0.0007	

Fuente: elaboración propia.

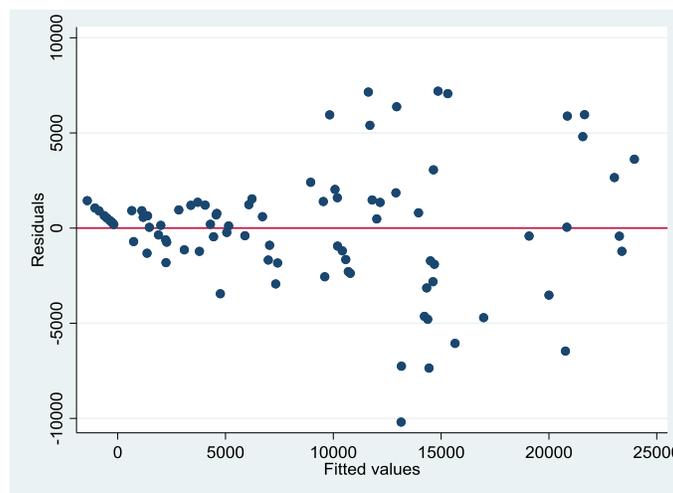


Figura 3.2 Gráfico de los residuales contra los valores estimados

Fuente: elaboración propia.

Se utilizaron los estimadores robustos de White para corregir el problema de heterocedasticidad (Tabla 3.8).

Tabla 3.8 Estimadores robustos de White	
Variable	Estimación
Ppacumver	3.014724 (0.031)
Supcos	2.273974 (0.000)
Constante	-2612.415 (0.018)
Observaciones	86
Prob F	0.000
R ²	0.8281

Fuente: elaboración propia.

De esta forma se corroboró que el modelo cumple con los supuestos y por lo tanto puede ser empleado para estimar la producción de café cereza.

Adicionalmente, se comprobó que el modelo que incluye la precipitación acumulada de verano en forma cuadrática y la superficie cosechada resultó globalmente significativo (Prob > F=0.0000), la bondad de ajuste del modelo fue alta (R²= 0.8295) y las variables individualmente significativas.

Estimación de la producción mediante las proyecciones de los escenarios de cambio climático a 2030

Partiendo del modelo de regresión múltiple que incluye las variables de precipitación acumulada de verano (lineal) y superficie cosechada, se estimó la producción de café cereza para algunos municipios de las regiones de Coatepec y Huatusco al 2030, mediante las proyecciones de escenarios de cambio climático publicadas por el INECC (2018), considerando dos situaciones: 1) disminución del 2% de la precipitación, 2) incremento del 4% de la precipitación.

Los resultados obtenidos, considerando una disminución de la precipitación del 2% son similares a los del escenario base (2004-2015), con un pequeño aumento en el coeficiente (0.61525) esto significa que la producción de café no resultaría afectada por la disminución de la precipitación, de hecho, aumentaría ligeramente. Mientras que, el incremento del 4% en la precipitación, se traduce en una

disminución de la producción de café cereza, que se observa en la obtención de un coeficiente menor (Tabla 3.9). Cabe resaltar que la variable de temperatura no se consideró, ya que no resultó individualmente significativa en el modelo de regresión múltiple.

Tabla 3.9 Estimación de la producción mediante la aplicación de las proyecciones de escenarios de cambio climático a 2030

Variable	Disminución de la precipitación 2%	Aumento de la precipitación 4%
Ppacumver	3.076249 (0.024)	2.898773 (0.024)
Supcos	2.273974 (0.000)	2.273974 (0.000)
Constante	-2612.415 (0.037)	-2612.415 (0.037)
Observaciones	86	86
Prob F	0.000	0.000
R ²	0.8281	0.8281

Fuente: elaboración propia.

Nota: Se presentan los coeficientes y entre paréntesis los valores absolutos del t estadístico

Por su parte, Ochoa *et al.* (2014) estimaron los impactos del cambio climático en la producción de naranja en el estado de Veracruz para los horizontes 2040, 2050 y 2060. En su caso, la variable relevante fue la precipitación de invierno y observaron que, a menor precipitación de invierno, existe un aumento de la producción de naranja.

En el caso del café, la cantidad y distribución de las lluvias es un factor que determina la productividad (Arcila *et al.*, 2007). El exceso de lluvias provoca que la planta desarrolle menos flores y frutos (CEPAL y CAC/SICA, 2014), aumenta la incidencia de enfermedades, provoca la caída del grano (USAID *et al.*, 2016) y daños en las raíces de las plantas (Viguera *et al.*, 2017).

Altas temperaturas y lluvias constantes favorecen la reproducción del hongo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) que provoca manchas amarillas en las hojas de

la planta, caída de hoja, maduración irregular de la cosecha y disminución de la producción. Este ambiente favorece también el desarrollo del ojo de gallo, enfermedad que debilita la planta y reduce la cosecha (CEPAL y CAC/SICA, 2014).

CONCLUSIONES

Con el propósito de valorar los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café en dos regiones del estado de Veracruz, se empleó el enfoque de la función de producción. El modelo que mejor se ajustó a los datos y explicó la variabilidad en la producción es el que considera las variables de precipitación acumulada de verano y superficie cosechada.

Partiendo de la información climática y agrícola disponible, no existe suficiente evidencia para afirmar que el cambio climático está afectando la producción de café cereza en el estado. Los resultados obtenidos en este estudio indican que la variable climática que influye en la variación del volumen de producción de café cereza es la precipitación y no la temperatura.

De acuerdo con los resultados de esta investigación, las lluvias de verano son determinantes para el fruto. De igual manera, la superficie cosechada con café influye en los niveles de producción, así incrementos en la superficie cosechadas, implicará aumentos en la producción.

Con base en las proyecciones de los escenarios de cambio climático para el 2030, la disminución de la precipitación se traduciría en el incremento de la producción de café, mientras que el aumento de la precipitación resultaría en disminuciones de la producción, esto en comparación con el escenario base.

Cabe destacar que el enfoque de la función de producción no considera la adaptación de los productores, por lo que se pudiera sobrestimar los efectos

negativos del cambio climático. Adicional, la escasa información disponible climática, económica y agrícola implica limitantes para este tipo de estudios, por lo que es necesario información más precisa que permita obtener resultados más robustos, así como para plantear estudios para cultivos específicos como es el caso del café.

REFERENCIAS

Adams, R.; Hurd, B.; Lenhart, S. & Leary, N. (1998). Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. *Climate Research* 11:19-30.

AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo). (2018). Cultivando resiliencia frente al cambio climático lecciones aprendidas para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en América Latina y el Caribe.

Arcila, J.; Farfán, F.; Moreno, A.; Salazar, L. y Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. 18 de junio del 2019, de Cenicafé Sitio web: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/1/Sistemas%20producci%C3%B3n%20caf%C3%A9%20Colombia.pdf>

Bozzola, M.; Massetti, E.; Mendelsohn, R. & Capitanio, F. (2018). A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on Italian Agriculture. *European Review of Agricultural Economics*. (45):57–79.

Brigido, J.; Nikolskii, I.; Terrazas, L. y Santiago, S. (2015). Estimación del impacto del cambio climático sobre la fertilidad del suelo y productividad de café en Veracruz, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*. VI (4):101-116.

Carrasco, F. (2016). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997-2014. *Comunic@acción*. 7(2):38-47.

Cenicafé. (Centro Nacional de Investigaciones del Café). (2014). La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones.

<https://cenicafe.org/es/publications/avt0441.pdf>. (Consultado el 08 de junio de 2020).

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), IICA Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2011). Agricultura y cambio climático: instituciones, política e innovación. Santiago de Chile.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2012). La economía del cambio climático en Chile. Naciones Unidas. Santiago de Chile.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). y CAC/SICA Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericano). (2014). Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica. México, D.F Naciones Unidas.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), INDOCAFE (Instituto Dominicano del Café), y CNCCMDL (Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio). (2018). Café y cambio climático en la República Dominicana. Impactos potenciales y opciones de respuesta. Ciudad de México.

CLICOM. (2019). Datos climáticos diarios. <http://clicom-mex.cicese.mx/>. (Consultado el 16 de marzo de 2020).

Conde, C. (2011). México y el cambio climático global. México: Semarnat.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research). (2018). Retos del Cambio Climático para la Agricultura en América Latina y el Caribe. file:///C:/Users/4PF32LA_RS6/Downloads/201818_CIAT_FAO_RetosCC_para_agricultura_en_ALC_borrador.pdf. (Consultado el 28 de marzo de 2020).

Fleischer, A.; Lichtman, I. y Mendelsohn, R. (2007). Climate Change, Irrigation, and Israeli Agriculture: Will Warming Be Harmful? World Bank Policy Research Working, Paper 4135.

- Galindo, L. (2010). *La Economía del Cambio Climático en México*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Hernández, C.; Bonales, J. y Paniagua, C. (2014). Modelos de Vulnerabilidad Agrícola ante los efectos del cambio climático. *Revista CIMEXUS*. IX (2):31-47
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2018). Cambio climático en México ¿Cómo nos afecta? Veracruz http://elcambioclimaticodefrente.inecc.gob.mx/como_nos_afecta#condiciones_por_estado. (Consultado el 23 de junio de 2020).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020). Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades. <https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/>. (Consultado el 04 de mayo de 2020).
- Jiménez-Torres, A. y Massa-Sánchez, P. (2015). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía*, XL (40), pp.117-137.
- López, A. y Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*. LXXXIII (4):459-496.
- López-Feldman, A.; Torres, J. y Kerrigan, G. (2018). Estimación del impacto del cambio climático sobre los principales cultivos de 14 países del Caribe. Comisión para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas. Santiago de Chile.
- McCarl, B., Adams, R. & Hurd, B. (2001). Global climate change and its impact on agriculture. <http://agecon2.tamu.edu/people/faculty/mccarl-bruce/papers/879.pdf>. (Consultado el 28 de Julio de 2019).
- Mendelsohn, R.; Nordhaus, W. y Shaw, D. (1994). The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *The American Economic Review*, 84 (4), 753:771.
- Mendelsohn, Robert; Christensen Peter y J. Arellano-González, Jesús (2009), *Ricardian Analysis of Mexican Farms*, Report to the World Bank.

- Mora, J.; Ramírez, D.; Ordaz, J.; Acosta, A. y Serna, B. (2010a). *Guatemala: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL, México. 71p.
- Mora, J.; Ramírez, D.; Ordaz, J.; Acosta, A. y Serna, B. (2010b). *Panamá: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL, México. 71p.
- Ochoa, C.; Conde, A.; Welsh, C. y Estrada, F. (2014). Impacto del Cambio Climático en la producción de naranja del Estado de Veracruz. En *Economía ambiental y ecológica* (pp. 65-82). México: CÓDICE/ Servicios Editoriales.
- Ordaz, J.; Ramírez, D.; Mora, J. Acosta, A. y Serna, B. (2010a). *Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL. México. 76p.
- Ordaz, J.; Ramírez, D.; Mora, J.; Acosta, A. y Serna, B. (2010b). *El Salvador: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL, México. 66p.
- Ordaz, J.; Ramírez, D.; Mora, J., Acosta, A. y Serna, B. (2010c). *Honduras: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL, México. 72p.
- Ramírez, D.; Ordaz, J.; Mora, J.; Acosta, A. y Serna, B. (2010). *Nicaragua: efectos del cambio climático sobre la agricultura*. CEPAL, México. 68p.
- Rivera-Bocanegra, F. y Alvarado, L. (2013). Impacto del cambio climático sobre los ingresos de café convencional: un análisis de panel balanceado, período 1991-2010. *Natura @economía*. 1(2):49-68.
- Rivera, M.; Nikolskii, I.; Álvarez, M.; Ordaz, V.; Días, G. y Guajardo, R. (2013). Vulnerabilidad de la producción del café (*Coffea arabica* L.) al cambio climático global. *Terra Latinoamericana*. 31(4):305-313.
- Rosales, G. (2013). Evaluación de los Impactos Potenciales de la Variabilidad y Cambio Climático en la Producción de Café (*Coffea arabica*) en Coatepec, Veracruz (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la

- Alimentación y la Agricultura). (2014). México: el sector agropecuario ante el desafío del Cambio Climático. Ciudad de México: FAO.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2020). Normales climatológicas por Estado. Valores mensuales. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=ver>. (Consultado el 30 de abril de 2020).
- Schimmelpfennig, D.; Lewandrowski, J.; Reilly, J.; Tsigas, M. y Parry, I. (1996). Agricultural Adaptation to Climate Change Issues of Longrun Sustainability. Agricultural Adaptation to Climate Change / AER-740, 1-7.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018). Atlas Agroalimentario 2012-2018. México.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). Datos abiertos. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>. (Consultado el 03 de noviembre 03 de 2019).
- Tonconi, J. (2014). Efectos del cambio climático sobre la producción de aceituna en Yarada, Región Tacna. IDESIA. 32(2):29-35.
- Torres, L. (2010). Análisis económico del cambio climático en la agricultura de la región Piura-Perú. Caso: principales productos agroexportables. Consorcio de investigación económica y social CIES.
- Bravo, D. y Vásquez, J. (2008). Microeconometría aplicada. junio 07, 2019, de Departamento de economía. Universidad de Chile Sitio web: https://www.academia.edu/9494003/MICROECONOMETR%C3%8DA_CON_STATA
- Viguera, M., Martínez, M., Donatti, C., Harvey, C. y Alpizar, F. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). 47

Wooldridge, J. (2013). Introducción a la econometría. Un enfoque moderno.
México, DF: CENGAGE Learning.

CONCLUSIONES GENERALES

El estudio analizó los impactos del cambio climático sobre el cultivo de café desde la percepción de los productores socios de dos organizaciones cafetaleras de la zona centro de Veracruz. En ambas organizaciones los encuestados percibieron cambios en el clima, más de la mitad desde hace 15 años. Los principales cambios percibidos son relativos a temperatura, precipitación y sequías; mismos que perciben como negativos para el cultivo.

Los impactos percibidos se clasificaron en ecológicos, sociales y económicos. Dentro de los ecológicos se identificaron: disminución en el número de floraciones y retrasos en los periodos de floración; incremento en la caída y malformación de la flor de café; caída y amarillamiento de hoja y marchitamiento de las plantas. Otros impactos percibidos fueron el incremento en las malformaciones de los granos y ramas con granos verdes y granos maduros, la disminución de las abejas polinizadoras en sus cafetales y la proliferación de la roya del café, que consideran la causa de una importante disminución de su producción.

Los productores asociaron algunos de estos impactos a cambios en el clima, pero también a la presencia de plagas y enfermedades; a la falta de nutrientes, sombra o fertilización; a la edad avanzada de las plantas e incluso a las malas prácticas en el manejo del cultivo.

Entre los impactos económicos, se encontró la disminución en el número de cortes del café; el incremento en los costos de las actividades productivas y la disminución en los precios y, por lo tanto, en los ingresos provenientes del café. Lo anterior ha derivado en el deterioro en la calidad de alimentación de los productores y sus familias, quienes han tenido que migrar en busca de mejores oportunidades (impactos sociales).

El conocimiento y la percepción de los productores son muy importantes toda vez que el cambio climático está impactando a escala local, por lo que se requiere de más investigaciones que permitan recolectar estos conocimientos y así abonar en la construcción de políticas públicas que permitan hacer frente al cambio climático y mejorar la calidad de vida de los productores.

El clima que se percibe puede ser distinto al que registran las estaciones climatológicas, por lo que contrastar la percepción del productor referente a cambios en el clima y los impactos del cambio climático sobre la producción de café, con datos meteorológicos, geográficos y agrícolas puede ofrecernos más información acerca de los alcances de este fenómeno.

En ese sentido se estimaron los impactos del cambio climático en la producción de café de algunos municipios que conforman las regiones cafetaleras de Coatepec y Huatusco con datos climáticos y agrícolas para el período de 2004 a 2015. Los resultados sugieren que la variable climática que determina la variación de la producción de café cereza es precipitación y no temperatura.

La precipitación acumulada de verano, tanto en su término lineal como cuadrático, explica en un alto porcentaje la variación en el volumen de producción. Otra variable que explica dicha variabilidad es la superficie cosechada, ambas relacionadas positivamente con la producción.

Se estimó la producción de café en Coatepec y Huatusco para el año 2030, como resultado del incremento de la precipitación se prevé la disminución de la producción y derivado de la disminución de la precipitación se espera un incremento en la producción.

Cabe mencionar que la escasa información disponible fue determinante del área y período de estudio, así como de las variables utilizadas, implicando limitaciones para la investigación. Finalmente es importante destacar que, al utilizarse el

enfoque de la función de producción, no se están considerando posibles medidas de adaptación por parte de los productores frente al cambio climático.