



Entreciencias:
Diálogos en la Sociedad
del Conocimiento

Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del
Conocimiento

ISSN:

ISSN: 2007-8064

entreciencias@unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México
México

Sequía y producción de café: percepción campesina en la Huasteca Potosina

 **Martínez Torresa, Nelly Azalia**

 **Santacruz de Leónb, Germán**

Sequía y producción de café: percepción campesina en la Huasteca Potosina

Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento, vol. 11, núm. 25, 2023

Universidad Nacional Autónoma de México

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457672025004>

DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2023.25.84264>

Se autoriza la reproducción parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional.


Sequía y producción de café: percepción campesina en la Huasteca Potosina

Drought and coffee production: farmer perception in the Huasteca Potosina

Nelly Azalia Martínez Torresa^a

El Colegio de San Luis, Mauritania

nelly.azalia.martinez@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8851-8802>

Germán Santacruz de León^b

El Colegio de San Luis, México

german.santacruz@colsan.edu.mx.

 <https://orcid.org/0000-0001-5231-6355>

DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2023.25.84264>

Recepción: 16 Diciembre 2022

Aprobación: 21 Febrero 2023

Publicación: 14 Marzo 2023



Acceso abierto diamante

Resumen

Objetivo: determinar la incidencia de la sequía en los niveles de productividad de café e identificar la percepción de los productores de café en la Huasteca Potosina.

Diseño metodológico: se determinó el índice estandarizado de precipitación para 12 meses con datos de cinco estaciones pluviométricas para el periodo 1961-2018, localizadas en la zona cafetalera de la Huasteca Potosina. Se comparó con el comportamiento temporal de las superficies sembradas, cosechadas y el volumen de producción para el periodo 1985-2020. Se correlacionó la precipitación pluvial anual de las cinco estaciones con la superficie sembrada y la producción mediante la determinación del coeficiente r de Pearson. Se aplicaron 25 entrevistas estructuradas a campesinos productores de café.

Resultados: los periodos ligeramente secos inciden en la superficie cosechada y en el volumen de producción, con valores cercanos a los valores promedio. Los valores de r de Pearson indican muy baja correlación de la precipitación pluvial con los

Notas de autor

- ^a Estudiante del Doctorado en Ciencias Sociales de El Colegio de San Luis, A.C. Sus líneas de investigación son: estudios del territorio, relaciones de poder y producción agrícola.

Últimas publicaciones:

Martínez, N. (2022). Análisis de la producción de café en la Huasteca Potosina en el contexto nacional, 1989-2019. *Revista De El Colegio De San Luis*, 12(23). <https://doi.org/10.21696/rcsl122320221370>.

Martínez, N. y Reyes, O. (2020). Base físico-natural, riqueza cultural y participación social para el desarrollo del turismo en el municipio de Santiago Jamiltepec, Oaxaca. En V. Vázquez y Á. Sánchez, *Arreglo territorial del turismo en América Latina. Casos de México, Costa Rica y Paraguay*, (pp. 109-133). México: Instituto de Geografía – UNAM. <http://dx.doi.org/10.14350/gssxi.li.29>.

- ^b Doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Profesor Investigador Titular, El Colegio de San Luis A.C. Sus líneas de investigación son: estudios del territorio, problemática socioambiental asociada al uso y manejo del agua. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I.

Últimas publicaciones son:

Santacruz De León, G., Moran-Ramírez, J. y Ramos-Leal, J.A. (2022). Impact of Drought and Groundwater Quality on Agriculture in a SemiArid Zone of Mexico. *Agriculture*, 12 (1379), 1-18. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091379>.

Muñoz, O., y Santacruz de León, G. (2022). Análisis crítico de la política y legislación de Reservas de biosfera en México.: El caso de Cerro Grande-Zacualpan, Colima. *Revista De Derecho Ambiental*, 1(17), 99-128. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2022.66753>

Santacruz de León G., Jacobo-Marín D., y Rodríguez Cárdenas G. (2022). La minería metálica y sus efectos en el acceso al agua en comunidades rurales de Zacatecas, México. Una perspectiva centrada en la desigualdad. *Población y Sociedad*, 29(1), 199-226. DOI: <http://dx.doi.org/10.19137/pys-2022-290110>

german.santacruz@colsan.edu.mx.

volúmenes de producción, en tanto que 60% de los entrevistados señala que la variabilidad climática provoca efectos en la producción cafetalera.

Limitaciones de la investigación: la determinación del índice estandarizado de precipitación con el que se estiman periodos secos y húmedos solo considera los valores de precipitación pluvial medidos en cada estación meteorológica.

Hallazgos: la comparación del índice estandarizado de precipitación con el comportamiento anual de la superficie cosechada y el volumen de producción de café muestran que la precipitación pluvial es relevante en la producción cafetalera, eso coincide con la percepción de los productores cafetaleros.

Palabras clave: Cafeticultura, índice estandarizado de precipitación, producción agrícola, variabilidad climática..

Abstract

Purpose: To determine the influence of drought on the levels of coffee productivity, and to identify the perceptions of coffee growers in Huasteca Potosina.

Methodological design: The Standardized Precipitation Index (SPI) was determined for 12 months with data from five pluviometric stations located in the coffee growing area within Huasteca Potosina for the period 1961-2018. It was compared with the seasonal behavior of the sown area, the harvested area, and the volume of production for the period 1985-2020. The annual precipitation from those five pluviometric stations was correlated with the sown area and production by determining the Pearson correlation coefficient (r). Additionally, 25 structured interviews were applied to coffee growers.

Results: Slightly dry seasons have an influence over the harvested area as well as on the volume of production, with values close to the average value. The values of r of Pearson show a very low correlation between rainfall precipitation and the volume of production. 60% of the interviewees point out that climate variability has an impact on coffee production.

Research limitations: Determination of the standardized precipitation index with which dry and wet periods are estimated only considers the values of rainfall measured at each meteorological station.

Findings: The comparison of the standardized precipitation index with the annual behavior of the harvested area and the volume of coffee production show that rainfall is relevant in coffee production which coincides with the perception of coffee producers.

Keywords: coffee growing, Standardized Precipitation Index, agricultural production, climate variability..

Introducción

La productividad del cultivo del café, entendida ésta como el volumen (en kilogramos, toneladas o quintales) de producción por unidad de superficie, depende de diversos factores climáticos (Allou, Trejo y Martínez, 2018; Baltazar-da Silva *et al.*, 2020; Ceballos-Sierra y Dall'Erba, 2021), biogeográficos (Anhar *et al.*, 2021), económicos y socioculturales, entre otros (Gay *et al.*, 2006; Granados-Ramírez *et al.*, 2014; Ortega y Ramírez, 2013; Usangabandi, 2021).

Dentro de los principales factores biogeográficos se encuentran las condiciones de pluviosidad, asumida como la distribución espacial y temporal de la precipitación pluvial en un determinado territorio (Gay *et al.*, 2006). Se ha determinado que las diferentes variedades cafetaleras son sensibles, en sus niveles de producción, a los excesos o déficit de humedad dependiendo de la etapa fenológica (Gay *et al.*, 2006; Ramírez, Jaramillo y Arcila, 2010). Se ha demostrado la importancia de la precipitación pluvial y cómo cualquier variabilidad puede tener efectos finales en la productividad (Parada-Molina *et al.*, 2020; Pham *et al.*, 2019). En general, el análisis se ha centrado en los efectos de la sequía en la productividad del café (Pham *et al.*, 2019; Ruiz-García *et al.*, 2021), debido a que es una de las principales limitantes para la producción del grano (DaMatta y Cochicho, 2006).

La sequía es un fenómeno natural que puede presentarse tanto en regiones áridas como en regiones tropicales. Es definida y conceptualizada de diversas maneras, no existe una definición universal, ésta debe responder a situaciones regionales así como a aspectos relacionados con el sector económico impactado (McKee *et al.*, 1993). Cada evento, visto como proceso biofísico, difiere de otro en su duración, intensidad y su alcance espacial (Liu *et al.*, 2012; Schwabe *et al.*, 2013).

La sequía puede causar, dependiendo de su magnitud y de las estrategias establecidas para contrarrestarlos, serios problemas para la agricultura (Cacciamani *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2012). En México, existen varios estudios sobre el impacto socioeconómico de la sequía (Padilla *et al.*, 1980). En San Luis Potosí predominan los estudios que consideran aspectos meteorológicos o hidrológicos (Algara, 2009; Campos-Aranda, 2012).

En relación con la producción de café, México ocupa el noveno lugar mundial, detrás de India y Uganda. Las zonas de mayor productividad se localizan en los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca (Allou *et al.*, 2018; Martínez, 2022), que no solo cuentan con las condiciones ambientales adecuadas, sino también con los apoyos estatales para la producción. Las sequías en la zonas cafetaleras del estado de Veracruz impactan en el llenado del grano y provoca que se desarrolle moderadamente (Craparo *et al.*, 2015; Ruiz-García *et al.*, 2021), se ha estimado que en el año 2080 se presentarán disminuciones del orden del 5.5% en la producción anual (Granados-Ramírez *et al.*, 2014), para el año 2020 se pronosticó que en esa entidad federativa se observarían reducciones importantes en la precipitación pluvial anual y disminución en los volúmenes de producción cafetalera (Gay *et al.*, 2006).

En el periodo invernal, muy próximo a la cosecha del grano, la falta de humedad impacta en la producción, el incremento en la precipitación pluvial modifica el periodo de maduración y, con ello, el de la cosecha. Utilizando modelos de producción marginal, se ha encontrado que la precipitación pluvial es el principal factor climático que incide en la producción de café en Chiapas, Oaxaca y Veracruz (Allou *et al.*, 2018).

En general, las estimaciones de afectaciones en la producción de café se realizan a nivel nacional o consideran alguna región específica dentro de un país (Ceballos-Sierra y Dall'Erba, 2021; Pham *et al.*, 2019). El análisis de factores socioeconómicos en la productividad cafetalera en una determinada zona es todavía limitado (Pham *et al.*, 2019), entre los cuales se incluye el desconocimiento de la percepción de los productores de café, que aquí se denomina percepción campesina. En diversas investigaciones se concluye que los productores de café desarrollan sus actividades agrícolas bajo condiciones de alta vulnerabilidad sociopolítica, económica, biogeográfica y ambiental (Gay *et al.*, 2006; Robles, 2011). De manera que es importante indagar la percepción de los productores agrícolas con respecto a los eventos de sequía (Ruiz-García *et al.*, 2021), lo que permite, en este caso, dimensionar sus efectos en la producción cafetalera

(Guerrero-Carrera *et al.*, 2020), es decir, se busca contrastar la percepción de los campesinos cafetaleros con el análisis del comportamiento inter e intraanual de la pluviometría, como se ha indagado en algunas zonas de Tanzania, en las que los pequeños agricultores perciben cambios en las condiciones climáticas (Mkonda, He y Festin, 2018; Mbwambo, Mourice y Tarimo, 2021).

El objetivo de este artículo es estimar la incidencia de la sequía en los niveles de productividad de café e identificar la percepción de los productores de café en la Huasteca Potosina. El artículo está conformado por tres apartados. En el primero se describen la zona de estudio y la metodología para la obtención del índice estandarizado de precipitación para 12 meses en cinco estaciones seleccionadas, se describe también la obtención de los datos estadísticos de producción agrícola de café y el proceso de normalización estadística de los mismos. En la segunda se analizan y discuten los resultados a la par de los encontrados en estudios para otras regiones cafetaleras del país o del planeta. En la tercera parte se enuncian las conclusiones.

Metodología

De acuerdo con Santacruz (2019) la Huasteca Potosina es una región del estado de San Luis Potosí conformada por 20 municipios. En las partes bajas presenta precipitaciones pluviales anuales que van de 1 000 a 1 200 mm, en las zonas altas se alcanzan 3 000 mm anuales; el promedio anual varía entre 1 200 a 2 000 mm. En los meses de noviembre a marzo se presentan condiciones de estiaje que provocan una considerable reducción de los escurrimientos superficiales. En los meses de junio a agosto se presenta la sequía intraestival. Lo anterior es el reflejo de la variabilidad climática en el tiempo y en el espacio geográfico de la región, de manera que no es posible hablar de un comportamiento homogéneo de los eventos hidrometeorológicos y de sus efectos sociales, económicos y ambientales en la zona debido a que está sujeta a las variabilidades climáticas por su ubicación geográfica y por su cercanía al mar (figura 1).

En 7 de los 20 municipios huastecos se cultiva el café, la variedad predominante es la arábica (*Coffea arabica L.*). Los tipos de suelos en esas zonas cafetaleras son los Litosol y Rendzina (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio], 1995) y las alturas sobre el nivel del mar van desde los 80 m hasta más de 1 200 m (Olvera, 2010).

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

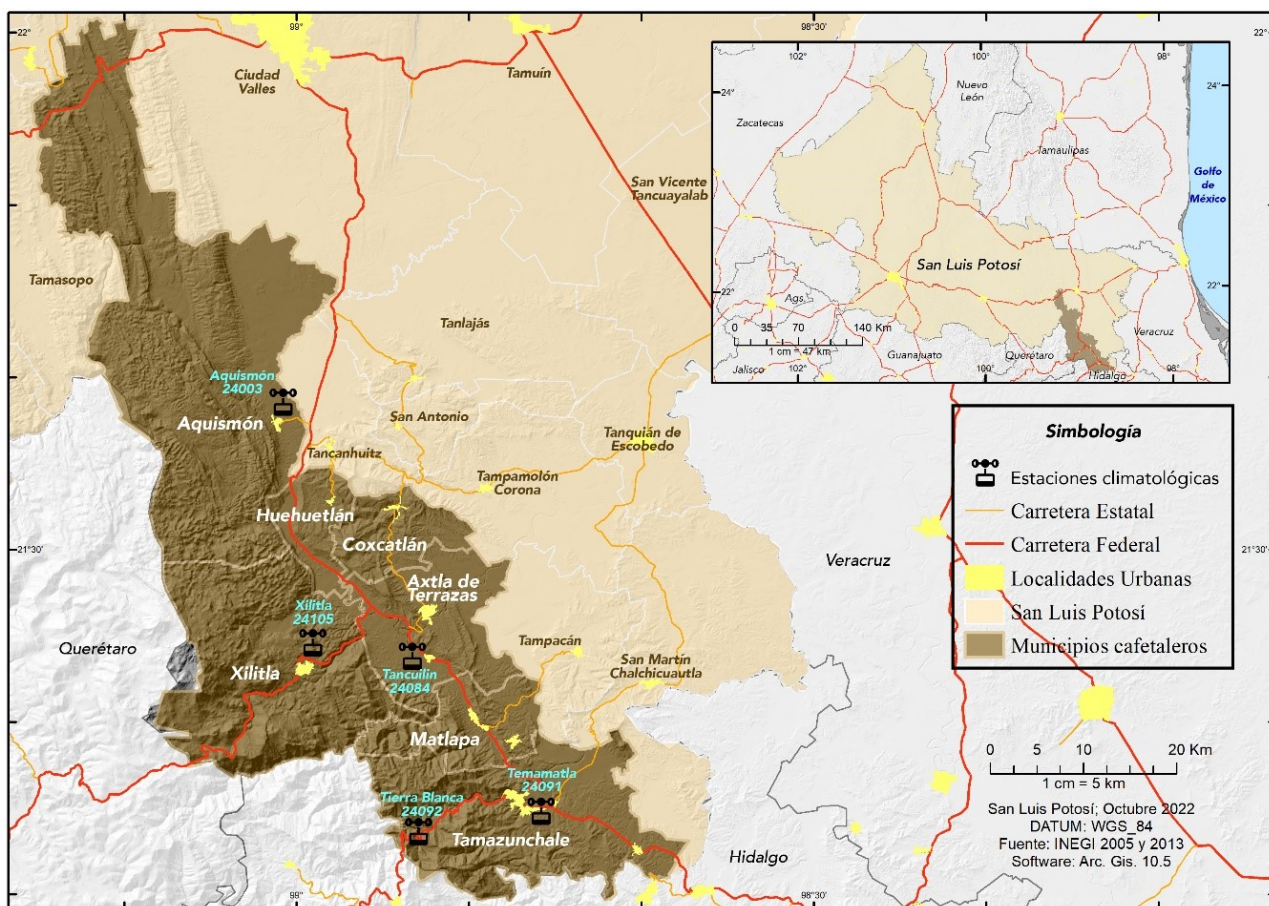


Figura 1

Ubicación geográfica de la zona de estudio

Fuente: elaboración propia con base en información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2005, 2013).

Se determinó el Índice Estandarizado de Precipitación (McKee *et al.*, 1993), utilizado en diversos países (Giddings *et al.*, 2005; Jarju y Solly, 2020; Javadinejad, Dara y Jafary, 2020; Kubicz, 2018; Liu, 2012; Marini, Fontana y Mishra, 2019; Sainz y del Jesús, 2020). Se empleó la información pluviométrica registrada en cinco estaciones (tabla 1), las cuales están bajo resguardo de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y se encuentran localizadas al interior de la zona de estudio (figura 1).

Tabla 1.

Estaciones termopluviométricas localizadas en la zona cafetalera de la Huasteca Potosina, San Luis Potosí

Clave	Estación	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud	Período de registro
24003	Aguismón	Aguismón	21 37 40	99 0 57	33	1961-2018
24084	Tancuiling	Axtla de Terrazas	21 23 30	98 52 30	92	1961-2018
24091	Temamatlá	Tamazunchale	21 14 28	98 45 32	187	1961-2018
24092	Tierra Blanca	Tamazunchale	21 13 30	98 53 30	398	1961-2018
24105	Xilitla	Xilitla	21 23 8	98 59 26	676	1964-2014

Fuente: elaboración propia con base en información de Conagua, 2022.

La información pluviométrica se sometió a pruebas de homogeneidad mediante los métodos de Helmert y Student (Campos-Aranda, 2020; Escalante y Reyes, 2002; Gutiérrez-López y Aparicio, 2020), se les

aplicó la prueba de independencia de Anderson (Campos-Aranda, 2020; Escalante y Reyes, 2002). Posteriormente, los valores se ajustaron a la función Gamma y se determinó el Índice Estandarizado de Precipitación para 12 meses (IEP-12) (Giddings *et al.*, 2005), se asume que el IEP en escalas de 12 meses es el que mejor describe los efectos en la producción agrícola de cultivos perennes (Yalt y Aksu, 2019; Wang *et al.*, 2019). Los resultados se graficaron en una hoja de Excel.

La información anual de la superficie sembrada y cosechada (hectáreas) y del volumen de producción (ton) para los municipios productores de café de la Huasteca Potosina se obtuvo del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) del gobierno de México. El periodo analizado fue de 1986-2021, los datos obtenidos de cada una de esas variables fueron normalizados estadísticamente (Zuur, Leno y Smith, 2007). Los valores normalizados permiten conocer y analizar el comportamiento de los valores reales de diversas variables. Con los valores normalizados se logra vincular el comportamiento en el tiempo de la producción de café a nivel regional y analizar su comportamiento con respecto al IEP-12. Los datos se graficaron en una hoja de Excel.

Adicionalmente se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson con un nivel de significancia de 0.05, correlacionando las condiciones de pluviosidad anual (mm) para las cinco estaciones con la superficie cosechada (ha) y con el volumen de producción agrícola (ton), para el periodo de 1992-2018.

La producción cafetalera en la Huasteca Potosina recae en campesinos ejidatarios con propiedades que van desde 2 hectáreas hasta 15 hectáreas, con un rendimiento promedio de 0.56 toneladas por hectárea. Se realizaron recorridos de campo en los meses de julio a diciembre de 2021 por los siete municipios que cuentan con zonas cafetaleras. Entre los meses de abril a julio de 2022, se aplicaron entrevistas estructuradas a 25 productores cafetaleros campesinos. Se consideraron los diferentes pisos agroecológicos, tomando la pluviosidad y la altitud como las principales condiciones bioclimáticas. Las preguntas ejes están orientadas a identificar los niveles de producción a nivel parcela y conocer la percepción de los productores con respecto a la ocurrencia e impacto de las condiciones de sequía en la producción cafetalera.

Resultados y discusión

Las condiciones de pluviosidad en la zona cafetalera de la Huasteca Potosina muestran tendencias similares en los registros de cada estación, las estaciones E-24092 y E-24105 presentan promedios anuales de 1 912 mm (el valor mínimo de las cinco estaciones) y 2 733 mm (valor máximo de las cinco estaciones), respectivamente. La principal variedad cultivada en la Huasteca Potosina es la arábica (*Coffea arabica L.*), la cual es muy sensible a la incidencia de eventos hidrometeorológicos extremos (Craparo *et al.*, 2015). Se ha determinado que los valores óptimos de precipitación pluvial para esa variedad están entre 1 200 a 1 800 mm anuales, aunque se ha encontrado que 2 000 mm por año son los más adecuados (DaMatta y Cochicho, 2006; Usangabandi, 2021; Xiao, 2021). En regiones de Indonesia se determinó que las zonas cafetaleras con precipitaciones pluviales entre 1 400-2 300 mm presentan alto potencial de productividad (Anhar *et al.*, 2021). En estudios realizados en el este de África, se ha determinado que el cultivo del café es en el que más efectos provoca la variabilidad climática (Bongase, 2017).

En la zona cafetalera de la Huasteca Potosina el comportamiento interanual de la precipitación individual, el IEP-12, muestra que entre los años 1962-1964 se presentan condiciones que van de ligeramente secas a extremadamente secas, condición que cambia para el periodo 1965-1976 en el que se tienen condiciones de ligeramente húmedas a muy húmedas, en los años 1977, 1979-1980, 1982, 1986-1988 ocurren disminuciones de la pluviosidad que son clasificadas entre ligeramente secas a extremadamente secas. Es de destacar que, en general, el periodo que va del año 1994 al año 2006 presenta condiciones de ligeramente secas a muy secas, que contrasta con las condiciones de ligeramente húmedas a muy húmedas del periodo 1991-1993. En los años más recientes el comportamiento de la pluviosidad es igual de oscilante, de manera que alcanzan condiciones extremadamente secas en el periodo de 2010 al 2012, para presentar condiciones ligeramente húmedas entre los años 2013-2016 (figura 2).

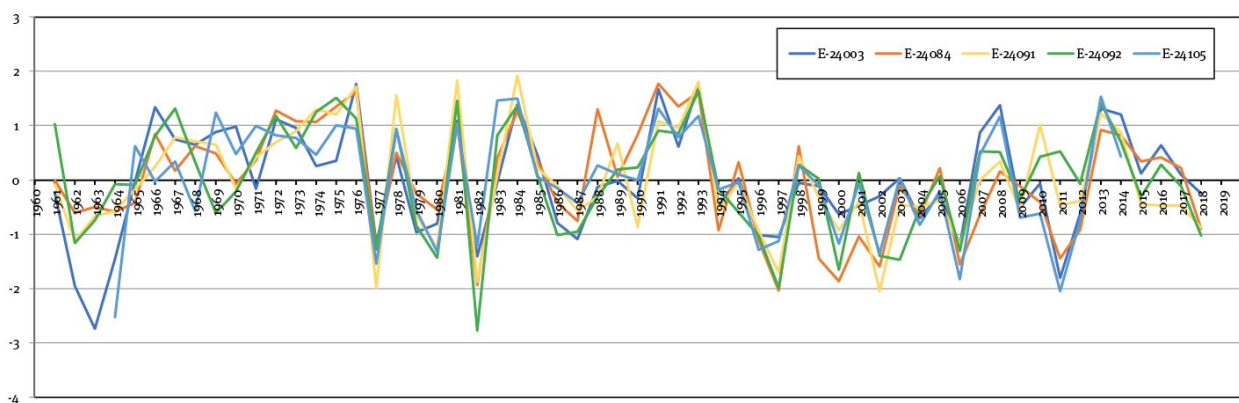


Figura 2

Valores del IEP-12 para las estaciones pluviométricas indicadas. Zona cafetalera Huasteca Potosina

Fuente: elaboración propia, con base en información de Conagua (2022).

La variación interanual en la Huasteca Potosina, determinada con el IEP-12, muestra que la zona presenta periodos ligeramente húmedos (valores de IEP-12 entre 0.5 a 1.5) a la par de periodos de ligeramente secos a muy secos (valores de IEP-12 entre -1.0 a -2.0), en ambos casos se presentan disminuciones en los volúmenes de producción. En algunas investigaciones se ha encontrado que la variedad arábica requiere de suficiente luz solar y humedad durante la floración (Wagner *et al.*, 2021).

La productividad del cultivo del café depende de diversas variables, entre ellas las condiciones de pluviosidad intra e interanual que inciden en la superficie cosechada y, con ello, en los niveles de producción y rendimiento de los cultivos agrícolas. Las estadísticas sustentan que la superficie sembrada en la Huasteca Potosina presenta variaciones con tendencias a la disminución. En 1986 se tenían sembradas 34 414 ha (valor máximo) y en 2019 se tenían 16 201 ha, que es el valor mínimo en el periodo de 1986-2020, el promedio alcanza un valor de 22 973 ha. Los valores normalizados de la superficie sembrada muestran que tiende a disminuir en los años ligeramente secos a extremadamente secos, aunque se mantienen muy próximos al valor promedio. No ocurre así en el periodo de 2010-2020, en el cual se presenta una notable disminución de dicha superficie, ello a pesar de que en el 2013 y 2016 se tienen condiciones ligeramente húmedas (figura 3).

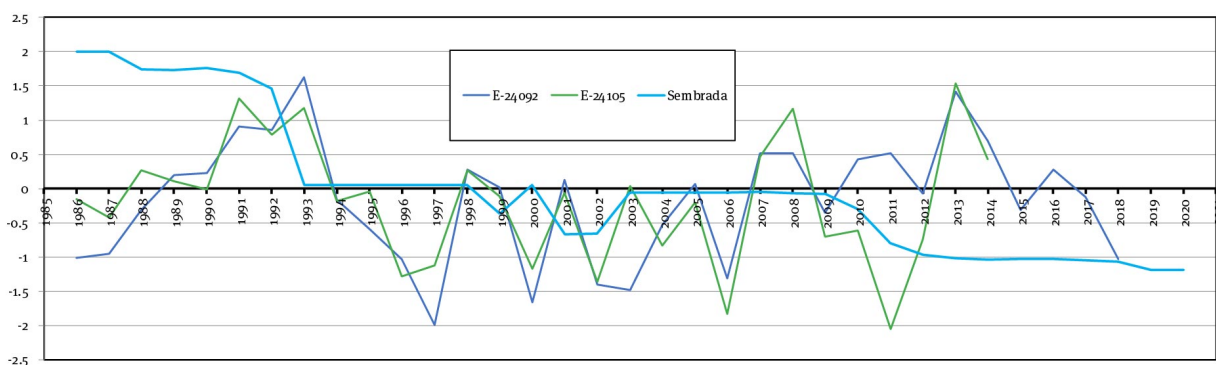


Figura 3

Valores normalizados de la superficie sembrada vs valores del iep12 en las estaciones indicadas

Fuente: elaboración propia, con base en información de Conagua (2022) y del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP] (2022).

La variación en las condiciones pluviales también se corresponde con las variaciones en la superficie cosechada. La mayor superficie cosechada corresponde al año 1987 con 33 811 ha y la menor se presenta en el año 1990 con 200 ha, la superficie cosechada promedio en el periodo de 1986-2020 es de 19 880 ha. Se observa que de 1989 a 1993 la superficie cosechada disminuye notablemente, se recupera en el periodo de 1994 a 1998, con valores ligeramente superiores a la media, para luego presentar una caída entre los años

1999 al 2019, a pesar de que los años 2013 y 2016 presentan condiciones ligeramente húmedas. Los valores normalizados de la superficie cosechada muestran que estas variaciones están parcialmente relacionadas con los niveles de precipitación pluvial anual (figura 4). El valor de 200 ha de superficie cosechada en el año 1990 se explica por la presencia y efectos de una helada en la región, la cual se presentó entre los días 24 y 31 del mes de diciembre de 1989, de manera que esa notable disminución no se puede correlacionar con años secos, toda vez que el periodo de 1990 a 1993 son años ligeramente húmedos.

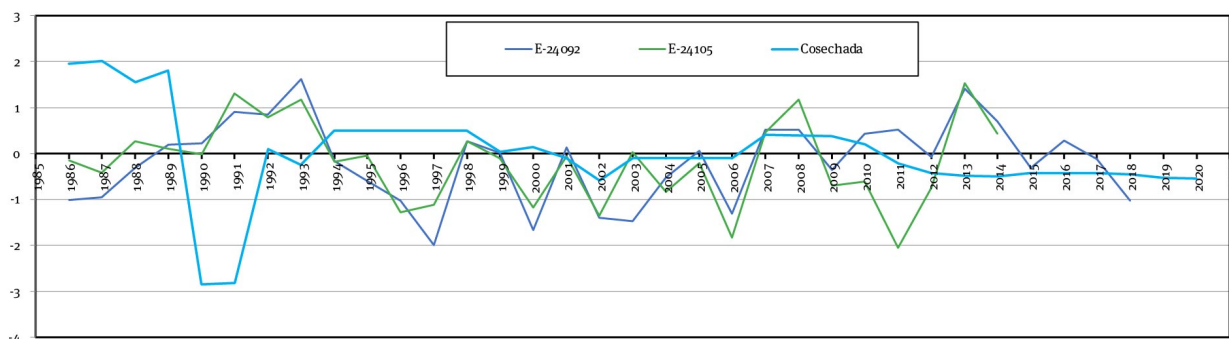


Figura 4

Valores normalizados de la superficie cosechada vs valores del IEP12 en las estaciones indicadas
 Fuente: elaboración propia con base en información de Conagua (2022) y del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP] (2022).

Estudios realizados en Colombia señalan que un aumento de 40% en la precipitación pluvial para el año 2009 provocó que la producción disminuyera de 11.1 a 7.9 millones de sacos (Castellanos, 2011). En el estado de Veracruz, México, se encontró que reducciones de 33.48 mm en un año pueden provocar la disminución de 24.54% en los niveles de producción (Gay *et al.*, 2006), en esa misma entidad federativa (localizada en el Golfo de México) se estima que la disminución en la precipitación pluvial puede provocar un descenso de 7 a 10% en los niveles de producción para el año 2059 (Rivera-Silva *et al.*, 2013).

Se han realizado estudios globales que señalan que la precipitación pluvial es menos importante que la temperatura en relación con la definición de áreas de producción cafetalera (Bunn *et al.*, 2015; Pham *et al.*, 2019). En contraste, estudios realizados a nivel nacional o por regiones al interior de los países productores de café, muestran que la precipitación pluvial es más significativa en las zonas productoras del grano (Chemura *et al.*, 2014; Pham *et al.*, 2019).

La máxima producción en la Huasteca Potosina se alcanza en el año 1983 con 63 910 toneladas de café y el valor mínimo se presenta en 1990 con 383 toneladas, el valor promedio fue de 17 854 toneladas. Los valores normalizados de 1980 a 1989 muestran que la producción en esos años fue superior al promedio del periodo analizado, presenta disminuciones importantes a partir del año 1990, con valores menores cercanos al valor promedio (figura 5). La disminución en los niveles de producción de los años 1990 y 1991, se explica por la incidencia de una helada. La disminución de la producción de los años 2009-2020 se presenta a pesar que, en el año 2013, se tienen condiciones ligeramente húmedas y que se observa una leve mejoría en la producción, aunque resulta menor al valor promedio del periodo analizado.

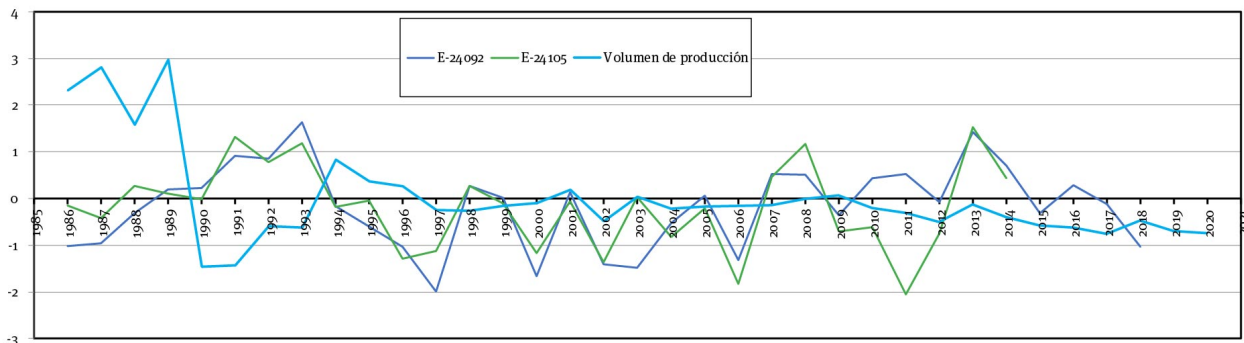


Figura 5

Valores normalizados del volumen de producción vs valores del IEP12 en las estaciones indicadas

Fuente: elaboración propia con base a datos de Conagua (2022) y SIAP (2022).

Las figuras anteriores muestran que la pluviosidad incide en las condiciones de productividad en la Huasteca Potosina. En tal sentido, el coeficiente de correlación (r) de Pearson muestra que existe una baja correlación entre la precipitación pluvial anual (mm) y la producción cafetalera (ton), igual que con la superficie cosechada (ha). El valor de r es negativo (tabla 2), lo que indica que los valores de precipitación pluvial superiores al valor promedio generan disminución en los volúmenes de producción.

Tabla 2.

Coefficiente de correlación (r) de Pearson para las estaciones y variables indicadas

Estación	Precipitación anual-Superficie Cosechada	Precipitación anual-Producción
E-24003	-.1851	-.2617
E-24084	-.1662	-.3120
E-24091	-.0447	-.1688
E-24092	-.1769	-.2245
E-24105	-.0465	-.0859

Fuente: elaboración propia.

En Tanzania se ha encontrado que las condiciones extremadamente húmedas dificultan la cosecha a tiempo (Wagner *et al.*, 2021). En contraste, en estudios realizados para la región cafetalera de Ruanda en África, se encontraron valores de r positivos, lo que sugiere que aumentos en la precipitación pluvial anual generan incrementos en los niveles de productividad (Usangabandi, 2021). En las zonas cafetaleras de Guatemala se ha determinado que los cambios en la frecuencia y en los niveles de precipitación son condiciones limitantes para la producción de café (Pons *et al.*, 2021). Es importante considerar que el volumen de producción (o rendimiento) es más pertinente para el análisis (Xiao, 2021).

El cultivo del café requiere de una adecuada distribución intraanual y periodos secos cortos, de manera que zonas con precipitaciones menores a 400 mm en el año se presentan los más bajos niveles de productividad (Baltazar-da Silva *et al.*, 2020). Considerando lo anterior, puede observarse que los valores promedio mensuales de periodos de 20 años en la Huasteca potosina presentan tendencias similares en las cinco estaciones. En el periodo de 2001-2018 se presentan disminuciones en la precipitación pluvial que alcanzan valores de 130 mm en el mes de septiembre para la estación E24105, y de 30 mm en la estación E-24092. En los meses de julio a septiembre ocurren las mayores precipitaciones (en ese periodo, en las regiones con mayor altitud ocurre la floración en los cafetos), en el mes de octubre se presentan disminuciones, las cuales se continúan en los meses de noviembre-diciembre. En el mes de noviembre inicia la cosecha del café.

Por otro lado, identificar la percepción de los campesinos cafeticultores con respecto a la variabilidad climática es relevante, porque permite inferir la incidencia de esas variaciones en los niveles de productividad del grano. Con base en las entrevistas aplicadas en campo, se identifica que la percepción de los campesinos cafeticultores varía según la región biogeográfica de sus parcelas en las que se encuentran los cafetos. Estas diferencias son en ámbitos sociales, económicos y ambientales (figura 6).

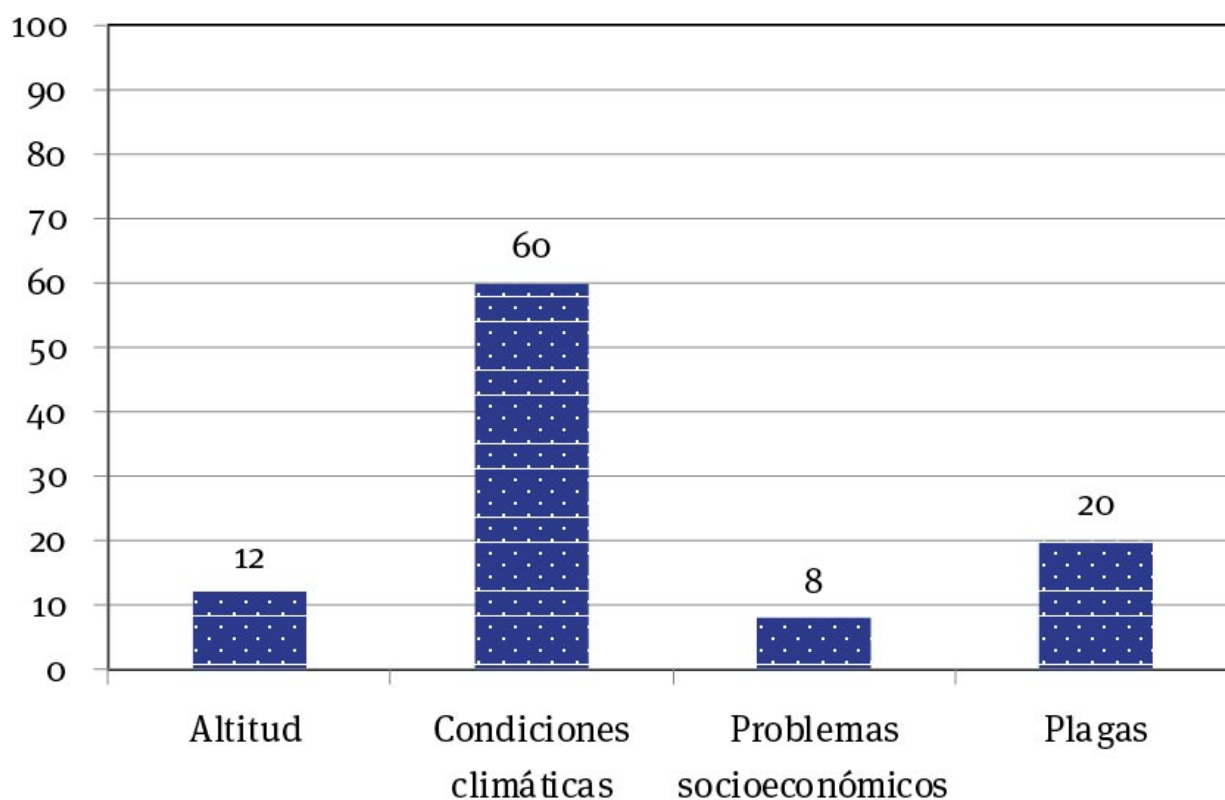


Figura 6

Percepción % de los campesinos respecto a lo que ellos consideran afecta más la producción de café

Fuente: elaboración propia con base en entrevistas aplicadas en campo.

Los campesinos pertenecientes a los municipios de Aquismón, Xilitla y Tamazunchale tienen la mayoría de sus cafetales en zonas altas que van desde los 300 msnm hasta los 1 600 msnm, en contraste, los cafetales de los campesinos pertenecientes a los municipios de Axtla de Terrazas, Matlapa, Coxcatlán y Huehuetlán, se encuentran en zonas menores a 600 msnm. Eso conlleva a una serie de diferencias en las temporadas para la floración, llenado, crecimiento y, por ende, la pizca del fruto. Sin embargo, la introducción a la zona de nuevas variedades de café complejizan aún más estos contrastes.

El cultivo del café requiere estar -para un buen desarrollo fenológico- entre los 1 000-1 300 metros sobre el nivel del mar (Allou *et al.*, 2018), aunque se ha documentado que se puede cultivar hasta los 2 000 m de altitud (Usangabandi, 2021). En tal sentido, 12 % de los entrevistados señala que la altitud a la que se cultiva el café incide en la época de floración y, por lo tanto, en el periodo de cosecha. De tal manera que señalan que:

La floración ocurre en los meses de abril, mayo y junio, son diferentes fechas porque depende la altitud donde se encuentra la planta, por ejemplo, Xilitla tiene café desde la altitud de los 300 metros hasta la altitud de los 1 200 metros. Entonces las floraciones que ocurren después, son las que están en la parte alta de la sierra, todo eso va a variar dependiendo de la altitud donde se encuentre dicho cafetal... las partes bajas son más cálidas, más calientes, se va a madurar primero, empieza en octubre-noviembre y los que están más arriba van a comenzar a madurar esos frutos en el mes de enero-febrero, y la parte más alta pues marzo y abril es el corte del cereza [sic] (R. Garay, comunicación personal, 25 de julio de 2022).

Las características biofísicas son heterogéneas, y no solo influyen en la planta del cafeto, trastoca los ámbitos económicos y sociales, por ello, en las entrevistas, los campesinos de Xilitla, Tamazunchale y Aquismón sostienen que su café es famoso porque es de altura. Esa apreciación en la Huasteca Potosina ha derivado en que el café que se cultiva en menores altitudes no sea tan valorado social y económicamente.

La altitud no es el único factor que determina que una planta de café llegue a dar fruto, las condiciones climáticas son de gran importancia para la producción de café, argumento que también reconocen los campesinos cafetaleros de la Huasteca Potosina. De tal manera, señalan que:

...la temporada de plantación de un cafetal nuevo, se hace en los meses de agosto, septiembre, octubre, son meses lluviosos donde se puede plantar la pesetilla de café y de ahí transcurre un lapso de dos años, hay variedades que tardan más, pero, por ejemplo, de un café rápido que son los que ya están mejorados, a los dos años comienza a producir ya su floración, hay otros cafés, como el arábigo que tardaba cinco años para empezar a producir (R. Garay, comunicación personal, 25 de julio de 2022).

La percepción de los campesinos cafetaleros de la Huasteca Potosina coincide con lo reportado para otras zonas, en la que señalan que los eventos extremos asociados a la variabilidad climática son más frecuentes y cada vez más inciden en los niveles de productividad (Frank *et al.*, 2011; Guerrero-Carrera *et al.*, 2020; Viguera *et al.*, 2019), es decir, no solo padecen los efectos de las condiciones socioeconómicas y políticas que impactan las regiones cafetaleras (Gay *et al.*, 2006; Robles, 2011).

El 60% de los entrevistados sostiene que la planta de café necesita condiciones climáticas estables, es decir, sin extremos tanto en la temporada de secas como en la de lluvias, además, señalan que dichas condiciones climatológicas deben ser específicas según la etapa fenológica de la planta, por ejemplo, en la etapa de plantación, floración y maduración. Así:

Los meses de floración del café es marzo, abril y mayo, el café debe vivir entre 20 y 32 grados de temperatura para poder producir... en su floración, al principio requiere calor y muy poca llovizna para reventar la flor.... En los últimos 7 años ha llovido poco y desequilibrado, efecto del cambio climático, el efecto de este cambio desequilibra el café y no hay cosecha... (Pedro, comunicación personal, 26 de julio de 2022).

Los productores de café de la Huasteca Potosina sostienen que ciertas condiciones de humedad o de sequedad generan efectos en el grano del café impactando en la floración y la incidencia de plagas y enfermedades. Lo mismo se ha encontrado para otras regiones cafetaleras (Eakin *et al.*, 2005; Tucker *et al.*, 2010). En Tanzania, los productores de café arábigo señalan que tanto los excesos como las deficiencias en el régimen pluvial afectan el periodo de floración, maduración y cosecha (Wagner *et al.*, 2021). En ese país se determinó que entre 60-70 % de los campesinos entrevistados perciben disminución de la precipitación pluvial, lo que coincide con el comportamiento pluviométrico de la región, adicionalmente, perciben disminución de los volúmenes de producción, aparición de plagas y floraciones tardías (Mbwambo *et al.*, 2021). Por otro lado, en otras regiones cafetaleras, manifiestan que la preocupación campesina está asociada a la distribución de la lluvia en el año, más que el volumen anual de precipitación (Chengappa *et al.*, 2017). En Guatemala, 93% de los entrevistados consideran que las precipitaciones excesivas generan disminuciones en la producción de café y 50% le atribuye a la sequía los mismos efectos (Pons *et al.*, 2021)

Por otro lado, 60% también refleja la percepción de los efectos de eventos como granizadas y heladas.

...cuando llueve, llueve muy fuerte...los aguaceros son muy violentos, granizadas, incluso hace mucho frío también y eso también ha mermado la producción de café, antes se producía mucho café porque el clima era estable... llovía en su tiempo, el frío duraba menos, ahora dura más, llueve muy fuerte, hace mucha calor [sic], mucha sequía... que ni llueva mucho pero que tampoco haga mucho frío (Mateo, comunicación personal, 18 de abril de 2022).

En adición se sostiene que:

Si la lluvia cae durante la floración de café, debe ser como llovizna o rocío, por así decirlo, pero si es torrencial tumbará la flor y eso retrasará la maduración del grano, últimamente eso ha pasado, porque ha habido muchos cambios en el clima (Anónimo, comunicación personal, 20 de abril de 2022).

En otras regiones productoras de café se reportan afectaciones por granizo y heladas (Baca *et al.*, 2014) que en conjunto han provocado alteraciones en los ciclos de producción (Guerrero-Carrera *et al.*, 2020). Las bajas temperaturas provocan el aborto de frutos y dificultan el llenado del grano, lo que reduce significativamente la producción (Wagner *et al.*, 2021). En tal sentido se señala que:

Si la caficultura [en la Huasteca Potosina] sobrevive, será en zonas medias, porque las zonas altas y bajas se han visto afectadas por el cambio climático, heladas atípicas, lluvias torrenciales, temperaturas extremas, lo que dificulta o impide el cultivo. Las heladas es el único fenómeno natural que daña irreversiblemente tanto el grano, es decir la cosecha y al cafeto... (Anónimo, comunicación personal, 25 de julio de 2022).

En la Huasteca Potosina también existen productores que han incorporado algunas estrategias de mejora, sin embargo, ellos también reportan efectos de la variabilidad climática, sostienen que:

Los sistemas de café normalmente son susceptibles a los eventos climáticos extremos y fuera de su régimen natural como las heladas tardías, lluvias fuera de época y sequías prolongadas... La sequía sin duda afecta de manera severa al café tanto la producción como a la planta... afecta la calidad del grano y la bebida. Otro fenómeno climático que afecta severamente son las heladas (O. Vizuet, comunicación personal, 17 de abril de 2022).

Adicionalmente, 20% señala los efectos producidos por plagas, aunque en la actualidad los cafecultores no las consideran como un peligro severo, esto no implica su erradicación, aunque ese porcentaje es el reflejo de la introducción de nuevas variedades de café, las cuales se asume que no son vulnerables ante las plagas como la roya (*Puccinia graminis*). Los campesinos relacionan la presencia de las plagas con las lluvias extremas o prolongadas.

Las heladas ahorita tal vez ya no sea el problema para las huertas, sino ahorita en las últimas décadas fue la roya, que arrasó no solamente con los cafetales sino también con otras plantas, prácticamente el café fue desapareciendo por esa cuestión... también en las temporadas de lluvia es cuando viene la roya, aunque dicen que con estas variedades nuevas ya no va a pegar tanto (Hilario, comunicación personal, 27 de Julio del 2022).

El enemigo principal del café es la roya...que viene en los meses de lluvia y arrasa con todos los cafetales, por eso, en los últimos años se optó por plantar nuevas variedades resistentes... (R. Garay, comunicación personal, 25 de julio de 2022).

Asimismo, 8% destaca que los aspectos socioeconómicos también inciden en la producción de café. Entre ellos, cambios en el uso de suelo. Las superficies con cafetales, sobre todo en las partes bajas, se han abierto al cultivo de pastos. Otros señalan el envejecimiento de los campesinos productores de café y la falta de motivación de las nuevas generaciones por el cultivo del grano, lo que vinculan a la ausencia de mejoras tecnológicas y falta de capacitación.

Ahorita las deficiencias o el problema de los cafecultores, es que, por ejemplo, se han introducido otros cultivos... porque muchos prefieren sembrar pasto en lugar de café, se ha perdido esa costumbre o interés en el café (Mateo, comunicación personal, 24 de julio de 2022).

Actualmente, la caficultura está desapareciendo, en 2010 había aproximadamente 5 000 productores, actualmente hay aproximadamente 1 000. Las causas son diversas, los productores envejecieron y las nuevas generaciones carecen de motivación para continuar con el cultivo... en ningún momento se apostó por la tecnología y capacitación... se observa un abandono del campo (Mateo, comunicación personal, 17 de abril de 2022).

Conclusiones

El índice estandarizado de precipitación a 12 meses refleja la variabilidad climática en la Huasteca Potosina y permite concluir que, en los últimos 20 años, la precipitación pluvial es ligeramente menor al promedio de la serie histórica de 1961-2018, es decir, se presentan cada vez más condiciones de sequía clasificadas como moderadas, aunque algunos periodos anuales son clasificados como ligeramente húmedos.

La producción de café responde en alguna medida a esa variabilidad de la humedad, de manera que el volumen de producción anual de los últimos 20 años es ligeramente menor al valor promedio de la serie histórica de 1985-2021. Eso se refleja poco en los valores obtenidos del coeficiente de correlación de Pearson, lo que es indicativo de que otros factores, como la variación interanual de la precipitación pluvial, están incidiendo en la productividad, sumado a la incidencia de plagas o a condicionantes de índole socioeconómica. En este artículo, debido a la complejidad de la incidencia de esos factores y por la especificidad de la investigación, no se determinó su efecto en los volúmenes de producción de café.

Los campesinos cafetaleros de la Huasteca Potosina identifican que la obtención de buenos niveles de producción, toda vez que sus cafetales son de temporal o de secano, dependen de la estabilidad de las condiciones climáticas, en este caso de volúmenes de precipitación adecuados en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Por lo tanto, 60% de los entrevistados señaló que las condiciones climáticas inciden en los niveles de producción y, en consecuencia, el volumen de producción anual del periodo 1997 al 2020 no logró superar al volumen de producción promedio de la serie histórica analizada. Por otro lado, los campesinos cafetaleros comprendieron cómo las heladas pueden afectar los niveles de producción, después de la helada ocurrida en el año 1989, que impactó severamente la superficie cosechada y el volumen de producción, así que en valores promedio, la superficie afectada fue de 19 860 ha, lo que implicó reducciones relevantes en el volumen total cosechado. Ese año quedaría registrado en la memoria de los cafecultores entrevistados.

Referencias

- Algara, M. (2009). *Propuestas Generales de Manejo; Mitigación de Sequías en la Zona Huasteca del Estado de San Luis Potosí* (Tesis de doctorado en Ciencias Ambientales). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.
- Allou, A., Trejo, J., y Martínez, M. (2018). Opción climática para la producción de café en México. *Ensayos. Revista de economía*, 37(2), 135-154. <https://doi.org/10.29105/ensayos37.2-1>
- Anhar, A., Abubakar, Y., Widayat, H., Muslih, A., y Baihaqi, A. (2021). Altitude, shading, and management intensity effect on Arabica coffee yields in Aceh, Indonesia. *Open Agriculture*, 6(1), 254-262. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0220>
- Baca, M., Läderach, P., Hagggar, J., Schroth, G., y Ovalle, O. (2014). An Integrated Framework for Assessing Vulnerability to Climate Change and Developing Adaptation Strategies for Coffee Growing Families in Mesoamerica. *Open One* 9(2), 1-11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0088463>
- Baltazar-da Silva, D., Morejón-García, M., Díaz-Pita, A., de Almeida, F. M., da Costa-Neta, J. F., y Gonçalves, V. (2020). Caracterización agroclimática de la provincia Uigé, Angola en función del desarrollo del Café Robusta. *Cultivos Tropicales*, 41(1). <https://bit.ly/3SLodKi>
- Bongase, E. D. (2017). Impacts of climate change on global coffee production industry: Review. *African Journal of Agricultural Research*, 12(19), 1607-1611. <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12147>
- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle, O., y Kirschke, D. (2015). A bitter cup: Climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change*, 129, 89-101. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>
- Cacciamani, C., Morgillo, A., Marchesi, S., y Pavan, V. (2007). Monitoring and forecasting drought on a regional scale: Emilia-Romagna region. En G. Rossi, T. Vega, y B. Bonaccorso, *Methods and Tools for Drought Analysis and Management* (pp. 29-48). Springer: Dordrecht, Países Bajos.
- Campos-Aranda, D. (2012). ¿Cómo se cuantifican las sequías? *Revista Universitarios Potosinos*. (7), 10-15. <https://bit.ly/3Zbe3Fn>
- Campos-Aranda, D. (2020). Detección de registros homogéneos en 16 series amplias de precipitación anual del Altiplano Potosino, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(3), 107-157. DOI: 10.24850/j-tyca-2020-03-04
- Castellanos, E. (2011). *Estrategias efectivas de adaptación y reducción de riesgos por fluctuaciones de precios, plagas y cambios climáticos: lecciones de la crisis del café en Mesoamérica*, <https://www.iai.int/es/meetings/detail/crn2060>
- Ceballos-Sierra, F., y Dall'Erba, S. (2021). The effect of climate variability on Colombian coffee productivity: A dynamic panel model approach. *Agricultural Systems*, (190), 103-126. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103126>
- Comisión Nacional del Agua [Conagua] (2022). Base de datos de información termoplúviométrica. México: Conagua.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [Conabio] (1995). *Edafología, escalas 1:250000 - 1:1000000*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Craparo, A., Van Asten, A., Läderach, P., Jassogne, L., y Grab, S. (2015). Coffea arabica yields decline in Tanzania due to climate change: Global implications. *Agricultural and Forest Meteorology*, (207), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.03.005>

- Chemura, A., Mahoya, C., Chidoko, P., y Kutuywayo, D. (2014). Effect of soil moisture deficit stress on biomass accumulation of four coffee (*Coffea arabica*) varieties in Zimbabwe. *ISRN Agronomy*, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2014/767312>
- Chengappa, P., Devika, C., y Rudragouda, C. (2017). Climate variability and mitigation: Perceptions and strategies adopted by traditional coffee growers in India. *Climate and Development*, (9), 593-604. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1318740>
- DaMatta, M., y Cochicho, J. (2006). Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: A review. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 55-81. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100006>
- Eakin, H., Tucker, C., y Castellanos, E. (2005). Market Shocks and Climate Variability: The Coffee Crisis in Mexico, Guatemala, and Honduras. *Mountain Research and Development*, 25(4), 304-309.
- Escalante, C., y Reyes, L. (2002). *Técnicas Estadísticas en Hidrología*. México: UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Frank, E., Eakin, H., y López, D. (2011). Social identity, perception and motivation in adaptation to climate risk in the coffee sector of Chiapas, Mexico. *Global Environmental Change* (21), 66-76. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.11.001>
- Gay, C., Estrada, F., Conde, C., Eakin, H., y Villers, L. (2006). Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change*, 79(3), 259-288. <https://doi.org/10.1007/s10584-006-9066-x>
- Giddings, L., Soto, M., Rutherford, B. M., y Maarouf, A. (2005). Standardized precipitation index zones for Mexico. *Atmósfera*, 18(1), 33-56. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/565/56518103.pdf>
- Granados-Ramírez, R., Barrios, M., de la Paz, M., y Peña, V. (2014). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México: Impactos en la cafecultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(3), 473-485. Recuperado de <https://bit.ly/3LXPH30>
- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J. L., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, Á., Vargas-López, S., y Chulim-Estrella, N. (2020). Impacto del cambio climático sobre la producción de café. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(71), 1-18. Recuperado de <https://bit.ly/3xJZbl6>
- Gutiérrez-López, A. y Aparicio, J. (2020). Las seis reglas de la regionalización en hidrología. *Aqua-LAC*, 12(1), 81-89. Doi: 10.29104/phi-aqualac/2020-v12-1-07
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2005). II Censo de Población y Vivienda. Marco geoestadístico municipal. México: Inegi.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2013). Censo de Población y Vivienda 2010. Marco geoestadístico municipal. México: Inegi.
- Jarju, A., y Solly, B. (2020). Analysis of the Efficiency of Precipitation on the Evolution of Agricultural Production in Upper-Casamance (South Senegal) between 1985 and 2018. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*, (10), 1-11. Recuperado de <https://dergipark.org.tr/en/pub/epstem/issue/58035/834956>
- Javadinejad, S., Dara, R., y Jafary, F. (2020). Evaluation of hydro-meteorological drought indices for characterizing historical and future droughts and their impact on groundwater. *Resources Environment and Information Engineering*, 2(1), 71-83. DOI: 10.25082/REIE.2020.01.003
- Kubicz, J. (2018). The application of Standardized Precipitation Index (SPI) to monitor drought in surface and groundwaters. *E3S Web of Conferences*, (44), 1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400082>
- Liu, L., Hong, Y., Bednarczyk, C.N., Yong, B., Shafer, M.A., Riley, R., y Hocker J.E. (2012) Hydro-climatological drought analyses and projections using meteorological and hydrological drought

- indices: a case study in Blue River Basin, Oklahoma. *Water Resources Management* (26), 2761-2779. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0044-y>
- Marini, G., Fontana, N., y Mishra, A. (2019). Investigating drought in Apulia region, Italy using SPI and RDI. *Theoretical and Applied Climatology*, (137), 383-397. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2604-4>
- Martínez, N. A. (2022). Análisis de la producción de café en la Huasteca potosina en el contexto nacional, 1989-2019. *Revista De El Colegio De San Luis*, 12(23). <https://doi.org/10.21696/rcsl122320221370>
- Mbwambo, G., Mourice, K., y Tarimo, A. (2021). Climate Change Perceptions by Smallholder Coffee Farmers in the Northern and Southern Highlands of Tanzania. *Climate*, (9), 90. <https://doi.org/10.3390/cli9060090>
- McKee, B., Doesken, J., y Kleist, J. (January, 1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. En *Proceedings of the eighth Conference on Applied Climatology*, Simposio dirigido por American Meteorological Society (AMS), Anaheim, CA, USA. Recuperado de: <https://climate.colostate.edu/pdfs/relationshipofdroughtfrequency.pdf>
- Mkonda, Y., He, X., y Festin, S. (2018). Comparing Smallholder Farmers' Perception of Climate Change with Meteorological Data: Experiences from Seven Agro-Ecological Zones of Tanzania. *Weather and Climate Extremes*, (10), 435-452.
- Ortega, A., y Ramírez, B. (2013). Crisis de la cafeticultura y migración en el contexto de marginación. El caso de los productores indígenas de Huehuetla, Puebla. *Ra Ximhai* 9(1), 173-186. DOI: 10.35197/rx.09.01.e.2013.14.a0
- Padilla, G., Rodríguez, L., Castorena, G., y Florescano, E. (1980). *Análisis Histórico de las Sequías en México*. México: Secretaría de Agricultura y Recurso Hidráulicos.
- Parada-Molina, P., Pérez, C., Molina, R., y Cabrera, C. (2020). Efectos de la variabilidad de la precipitación en la fenología del café: caso zona cafetalera Xalapa-Coatepec, Veracruz, Mex. *Ingeniería y Región*, (24), 61-71. DOI: <https://doi.org/10.25054/22161325.2752>
- Pham, Y., Reardon-Smith, K., Mushtaq, S., y Cockfield, G. (2019). The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. *Climatic Change* (156), 609-630. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>
- Pons, D., Muñoz, Á., Meléndez, M., Chocooj, M., Gómez, R., Chourio, X., y Romero, G. (2021). A coffee yield next-generation forecast system for rain-fed plantations: The case of the Samalá watershed in Guatemala. *Weather and Forecasting*, 36(6), 2021-2038. DOI: 10.1175/WAF-D-20-0133.1
- Ramírez, B.; Jaramillo, R.; Arcila, P. (2010). Índice para evaluar el estado hídrico en los cafetales. *Cenicafé*, 61 (1), 55-66. Recuperado de: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/46>
- Rivera-Silva, D., Nikolskii I., Castillo-Álvarez, M., Ordaz-Chaparro, V. M., Díaz-Padilla, G., y Guajardo-Panes, R. (2013). Vulnerabilidad de la Producción del Café (*Coffea arabica* L.) al Cambio Climático Global. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.* 31(4): 305-313. Recuperado de: <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/272/217>
- Robles, H. (2011). Los Productores de Café en México: Problemática y Ejercicio del Presupuesto. *Mexican Rural Development Research Reports, Reporte 14*. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Recuperado de: <https://bit.ly/3ygtLTP>
- Ruiz-García, P., Conde-Álvarez, C., Gómez-Díaz, J.D. y Monterroso-Rivas, A.I. (2021) Projections of Local Knowledge-Based Adaptation Strategies of Mexican Coffee Farmers. *Climate*, 9(4), 60. 1-17. <https://doi.org/10.3390/cli9040060>
- Sainz de la Maza, M. y del Jesús, M. (2020). Analysis of historical droughts through their induced impacts. *Ingeniería del agua*, 24(3), 141-156. <https://doi.org/10.4995/Ia.2020.12182>

- Santacruz, G. (2019). Sequía en el ejido Ojo de Agua, zona tének, Ciudad Valles, San Luis Potosí. En F. Peña (coord.), *Aguas turbulentas y prácticas locales y comunitarias en la huasteca, riesgos hídricos y organización social* (pp. 121-147). San Luis Potosí: El Colegio de San Luis, A.C.
- Schwabe, K., Albiac-Murillo, J., Connor, J.D., Hassan, R. y Meza González, L. (Ed.). (2013). *Drought in Arid and Semi-Arid Regions. A Multi-Disciplinary and Cross-Country Perspective*; Berlin/Heidelberg, Germany, Springer.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP] (2022). Base de datos de información de superficie sembrada y cosechada por ciclo agrícola. México: SIAP.
- Tucker, C., Eakin, H., y Castellanos, E. (2010). Perceptions of risk and adaptation: Coffee producers, market shocks, and extreme weather in Central America and Mexico. *Global Environmental Change*, (20): 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.07.006>
- Usangabandi, A. (2021). *Assessing the impact of climate variability on coffee production in Rwanda 2001-2015* (Tesis para doctorado), College of Science and Technology. Universidad de Rwanda. Recuperado de: <http://dr.ur.ac.rw/handle/123456789/1377>
- Viguera, B., Alpizar, F., Harvey, A., 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), 333-351. DOI 10.15517/AM.V30I2.32905
- Wagner, S., Jassogne, L., Price, E., Jones, M., y Preziosi, R. (2021). Impact of climate change on the production of coffee arabica at Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Agriculture*, 11(1), 53. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010053>
- Wang, Y., Zhao, W., Zhang, Q., y Yao, B. (2019). Characteristics of drought vulnerability for maize in the eastern part of Northwest China. *Scientific reports*, 9(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37362-4>
- Xiao, W. (2021). Impacts of Climate Change on Perennial Crops: An Empirical Study of Latin American Coffee Production. Recuperado de: <https://ageconsearch.umn.edu/>
- Yalt, S., y Aksu, H. (2019). Drought Analysis of Iğdır Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(12), 2227-2232. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i12.2227-2232.3004>
- Zuur, F., Leno, N., y Smith, M. (2007). Principal component analysis and redundancy analysis. En Gail M., y Samet, J. (Ed.) *Analysing Ecological Data. Statistics for Biology and Health.*, Nueva York, Springer (pp. 193-224). https://doi.org/10.1007/978-0-387-45972-1_12
- Olvera, L. (2010). Análisis espacial y temporal de la propagación de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en la Huasteca Potosina (Tesis de maestría en ciencias ambientales). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México.

Información adicional

Paginación electrónica: e25.84264