

Technological changes in traditional coffee agroecosystems in Veracruz, Mexico

Verónica Rosales Martínez*¹
Lorena Casanova Pérez²
Juan Pablo Martínez Dávila³
Froylán Rosales Martínez⁴

Abstract

In Mexico, coffee growing involves 484 municipalities, 4 571 localities and 500 thousand farmers all over the country, these coffee agroecosystems have social, economic and environmental relevance, with a practically artisanal form of production. The aim of this research was to identify changes in the cultural practices of the coffee agroecosystems within the state of Veracruz, Mexico. This was a quantitative research and involved a survey applied to 145 coffee producers, the sample was identified by Scheaffer's formula. The analysis of the technological changes was conducted based on a 10-year timeline with the non-parametric McNemar's test. The results show that there are significant statistical differences ($P \leq 0.05$) among the used varieties, as well as in the number of farmers that developed cultural practices such as clearing, pruning, fertilization, pest and disease control and, in the soil conservation practices, however, there were no differences between those who developed and develop the coffee processing. As a consequence, throughout this period, farmers from Veracruz, Mexico, developed substantial changes in the cultural practices of their coffee agroecosystems to improve their production, and obtain greater yields.

Keywords: Technology, coffee-growing industry, production systems, cultural practices.

Cambios tecnológicos en agroecosistemas cafetaleros tradicionales de Veracruz, México

Resumen

En México, el cultivo del café involucra a 484 municipios, 4 571 localidades y 500 mil productores en todo el país, dichos agroecosistemas cafetaleros poseen importancia social, económica y ambiental, y su forma de producción, es prácticamente artesanal. El objetivo de esta investigación fue identificar los cambios presentados en las prácticas culturales de los agroecosistemas cafetaleros del estado de Veracruz, México. Esta investigación fue de carácter cuantitativo e involucró una encuesta a 145 productores cafetaleros, muestra determinada por la fórmula de Scheaffer. El análisis de los cambios tecnológicos se realizó con base en una línea de tiempo de 10 años con la prueba no paramétrica de McNemar. Los resultados indican que existen diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre las variedades utilizadas, así como en el número de productores que realizaban las prácticas culturales como limpia, poda, fertilización, control de plagas y enfermedades y, en las prácticas de conservación de suelo, no obstante, no se encontraron diferencias entre aquellos que realizaban y realizan el proceso de beneficiado del café. En consecuencia, durante este periodo, los productores de Veracruz, México, realizaron cambios sustanciales en las prácticas culturales de sus agroecosistemas cafetaleros con el fin de mejorar su producción, y obtener mayores rendimientos.

Palabras clave: Tecnología, cafecultura, sistemas de producción, prácticas culturales.

¹Investigadora CONAHCYT, Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, carretera Haltunchén-Edzná, km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, Camp. México, C. P. 24450.

²Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, carretera Huejutla-Chalahuiyapa s/n, colonia Tepoxteco, Huejutla de Reyes, Hidalgo, México, C. P. 43000.

³Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, carretera Xalapa-Veracruz km 85.5, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, Ver. México. C. P. 91690.

⁴Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad Maya de Estudios Agropecuarios, carretera Catazajá-Palenque, km 4, Catazajá, Chiapas, México. C. P. 29980.

*Corresponding author: vrosales@colpos.mx Tel: 982 1212899 ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5895-1250>

Introduction

The top five coffee producer countries in the world from 2016 to 2017 were Brazil, which contributed with 35.74 %, Vietnam with 16.57 %, Colombia with 9.42 %, Indonesia with 7.47 % and finally, Ethiopia with 4.29 % (ICO, 2018). During that cycle, these countries controlled 60 % of the total production, which forced the other producer countries to accept the prices established by the international trade. The European Union countries are the main applicants, as well as the USA and Japan (Yosa and Regalado, 2022).

During that period, Mexico occupied the eleventh position, with a participation of 2.01 % of the global coffee production (ICO, 2018; ICO, 2021), mainly obtained from the Arabica variety (*Coffea arabica*). The average coffee yield was 1.4 t·ha⁻¹ (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017), coffee varieties being a key component of the technological packages associated with greater yield per hectare.

Data about this cycle show that this coffee harvest was conducted in 484 municipalities, 4 571 localities and 500 thousand farmers throughout the country (SAGARPA, 2017). A practically artisanal coffee production, in which, a significant percentage of farmers are Indigenous, who live within the mountain regions with greatest marginalization and poverty in Mexico (Celis, 2016), from the states of Chiapas (41 %), Veracruz (24 %) and Puebla (15 %). In the case of Chiapas, it contributed with the larger proportion of grain, because it has the larger number of hectares planted with coffee, followed by the state of Veracruz (Gobierno del Estado de Veracruz, 2019).

In the case of Veracruz, the regions that contribute the most to coffee production in the state are: Coatepec (24.6 %), Córdoba (17.7 %), Huatusco (17.7 %), Misantla (12.0 %) and Atzalan (11.8 %). On the whole, they contribute approximately 84 % of the total coffee produced in the state, the other 16 % comes from the regions: Tezonapa, Zongolica, Papantla, Los Tuxtlas and Chicotepec (Olguín et al., 2011). This production is conducted within traditional agroecosystems, whose economic, social and environmental relevance is based on its economic support capacity for thousands families of small and medium farmers (Bello-Baltazar et al., 2019).

It is necessary to mention that, for the operation of these agroecosystems, the participation of family workforce consisting of people of all ages is essen-

Introducción

Los cinco principales países productores de café en el mundo durante el ciclo 2016-2017 fueron Brasil, el cual contribuyó con el 35.74%, Vietnam con el 16.57 %, Colombia con el 9.42 %, Indonesia con el 7.47 % y finalmente, Etiopía con el 4.29 % (ICO, 2018). Estos países controlaron durante este ciclo el 60 % de la producción total, lo que obligó al resto de los países productores a admitir los precios dictaminados por el comercio internacional, siendo, los principales países demandantes aquellos ubicados en la Unión Europea, E.E.U.U. y Japón (Yosa y Regalado, 2022).

Durante este mismo periodo, México se ubicó en la décimo primera posición, con una participación del 2.01 % de la producción mundial de café (ICO, 2018; ICO, 2021), obtenido específicamente, de la variedad arábica (*Coffea arabica*). El rendimiento promedio de café fue de 1.4 t·ha⁻¹ (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017), siendo las variedades de café, un componente importante de los paquetes tecnológicos asociados a mayor rendimiento por hectárea.

Datos sobre este ciclo indican que esta cosecha de café se ubicó en 484 municipios, 4 571 localidades y 500 mil productores en todo el país (SAGARPA, 2017). Una producción de café prácticamente artesanal, en la cual, un porcentaje significativo de los productores son indígenas que viven en las regiones serranas de mayor marginación y pobreza en México (Celis, 2016), pertenecientes a los estados de Chiapas (41 %), Veracruz (24 %) y Puebla (15 %). En el caso de Chiapas, este aportó la mayor proporción del grano, ya que cuenta con el mayor número de hectáreas sembradas con el aromático, seguido por el estado de Veracruz (Gobierno del Estado de Veracruz, 2019).

En el caso de Veracruz, las regiones que más contribuyen con la producción de café en el estado son: Coatepec (24.6 %), Córdoba (17.7 %), Huatusco (17.7 %), Misantla (12.0 %) y Atzalan (11.8 %). En conjunto, aportan aproximadamente el 84 % del total del café producido en el estado, el 16 % restante proviene de las regiones: Tezonapa, Zongolica, Papantla, Los Tuxtlas y Chicotepec (Olguín et al., 2011). Esta producción, se realiza en agroecosistemas tradicionales, cuya importancia económica, social y ambiental está basada en su capacidad de sustento económico a miles de familias de pequeños y medianos productores (Bello-Baltazar et al., 2019).

tial (García et al., 2017; Fernández et al., 2020). Coffee agroecosystems also generate environmental benefits, because they capture water and carbon, provide conditions to preserve plants, birds, insects and amphibians. García et al. (2017) say that there are about 40 and 140 species of useful plants, between those of food type and other uses, within a hectare of coffee under diversified shade.

However, coffee growers and their agroecosystems face conditions that have impeded to increase their technological level, situation that is expressed in the dominance of old coffee plantations, inadequate management systems, deficient seed selection, shortage of workforce, impact of adverse climatic events and phytosanitary problems (coffee berry borer, coffee rust and others) whose prevention and control generate high costs. The above, combined with the absence of training programs and access to government support and credit, the lack of proper infrastructure for the processing and, finally, the effects of a recurring price crisis. This has caused coffee production in Veracruz, has a productivity under $1.50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Rosales-Martínez et al., 2018, Terán-Ramírez et al., 2018).

For the purposes of this research, the concept of coffee agroecosystem was constituted from the Niklas Luhmann's Theory of Social Systems (2006) and from Cruz and Martínez (2023), for this reason, it is considered as a model based on the transformation of a natural ecosystem by the human influence, which converges in a regional agricultural area through production-consumption chains determined by its cultural reproduction, with political, economic and environmental interferences. Within which there are feedback processes, regulated and guided by the system itself, due to existing internal and external interferences. At the same time, it has biological, social, cultural, environmental and political elements. It is aimed at producing food, raw materials and environmental services requested by the system and other external ones, improving the quality of life of the system, and providing economic and social welfare.

As a consequence, the aim of this research was to identify changes in the technological practices within coffee agroecosystems in the state of Veracruz, Mexico, the generated knowledge is important because could be used for the subsequent design

Es necesario mencionar, que en el funcionamiento de dichos agroecosistemas es fundamental la participación de mano de obra familiar consistente en hombres y mujeres de todas las edades (García et al., 2017; Fernández et al., 2020). Los agroecosistemas cafetaleros también son generadores de beneficios ambientales, ya que capturan agua y carbono, proveen condiciones para la conservación de especies de plantas, aves, insectos y anfibios. García et al. (2017) mencionan que en una hectárea de café bajo sombra diversificada se encuentran entre 40 y 140 especies de plantas útiles, entre las de tipo alimento y de otros usos.

Sin embargo, los cafeticultores y sus agroecosistemas enfrentan condiciones que no han permitido elevar su nivel tecnológico, situación que se expresa en la dominancia de cafetales viejos, sistemas de manejo inadecuados, selección de semilla deficiente, déficit de mano de obra, el impacto de eventos climáticos adversos y problemas fitosanitarios (broca, roya y otros) cuya prevención y control generan altos costos. Lo anterior, aunado a la ausencia de programas de capacitación y acceso a apoyos y créditos de carácter gubernamental, la carencia de infraestructura adecuada para el beneficio y, por último, los efectos de una crisis recurrente de precios. Esto ha traído consigo que la producción cafetalera en Veracruz tenga una productividad por debajo de $1.50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Rosales-Martínez et al., 2018, Terán-Ramírez et al., 2018).

Para efectos de esta investigación, el concepto del agroecosistema cafetalero fue construido a partir de la Teoría General de Sistemas Sociales de Niklas Luhmann (2006) y de Cruz y Martínez (2023), por lo que se considera como un modelo basado en la transformación de un ecosistema natural por la influencia de seres humanos, el cual confluye en una zona agrícola regional a través de cadenas producción-consumo determinadas por su reproducción cultural, con interferencias políticas, económicas y ambientales. En cuyo interior existen procesos de retroalimentación, normados y guiados por el propio sistema, debido a las interferencias internas y externas existentes. A su vez, posee elementos de tipo biológico, social, cultural, ambiental y político. Tiene el propósito de producir alimentos, materias primas y servicios ambientales que el sistema y otros externos demandan, mejorando con ello la calidad de vida del sistema, así

of lines of action towards the improvement of these agroecosystems in order to improve the quality of life of coffee growers and their families within a sustainability context.

Methodological approach

In this research, the technological level was an axis approach to understand the changes in the coffee yields during the period of study (10-year timeline), determining how during this period, coffee producers transformed inputs at their disposal within the agroecosystem in order to achieve coffee harvests in the study area. A useful concept for the valuable information generation, which allows us to recognize the needs at different production stages and agricultural coffee transformation (Benítez-García et al., 2015; Contreras-Medina et al., 2019). Together with the concept of technological level, that of technological innovation was used, which not only refers to technologies that farmers take from the context (exotechnologies), but also, to those generated by farmers as the result of experimentation and technological adaptation processes (endotechnologies) (Pomachagua and Rojas, 2019; Rosales-Martínez and Casanova-Pérez, 2021).

Finally, it is important to mention that this research was quantitative and involved the information collection through a survey aimed at coffee producers from the district 005 of Fortín, Veracruz, Mexico, in order to know the forms of management developed by the farmers within their coffee agroecosystems, at the beginning and end of a decade and related production costs. The information analysis was based on the descriptive statistics included in the McNemar's test.

Study area

The study area included 13 municipalities of Veracruz, Mexico: Córdoba, Chocamán, Tepatlaxco, Tlaltetela, Comapa, Huatusco, Ixhuatlán del Café, Sochiapa, Tenampa, Tlacotepec de Mejía, Tomatlán, Totutla and Zentla, belonging to the Sustainable Rural Development District 005 Fortín, considered as one of the most representative of coffee production in the state of Veracruz (Figure 1).

Survey and statistical analysis

To calculate the sample size for the survey, the Scheaffer's et al. (1987) formula was used. The result

como brindando bienestar económico y social.

En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue identificar los cambios presentados en las prácticas tecnológicas en los agroecosistemas cafetaleros del estado de Veracruz, México, el conocimiento generado resulta importante ya que puede ser eventualmente utilizado en el diseño de líneas de acción hacia el mejoramiento de estos agroecosistemas para contribuir a mejorar la calidad de vida de los cafecultores y sus familias en un contexto de sustentabilidad.

Enfoque metodológico

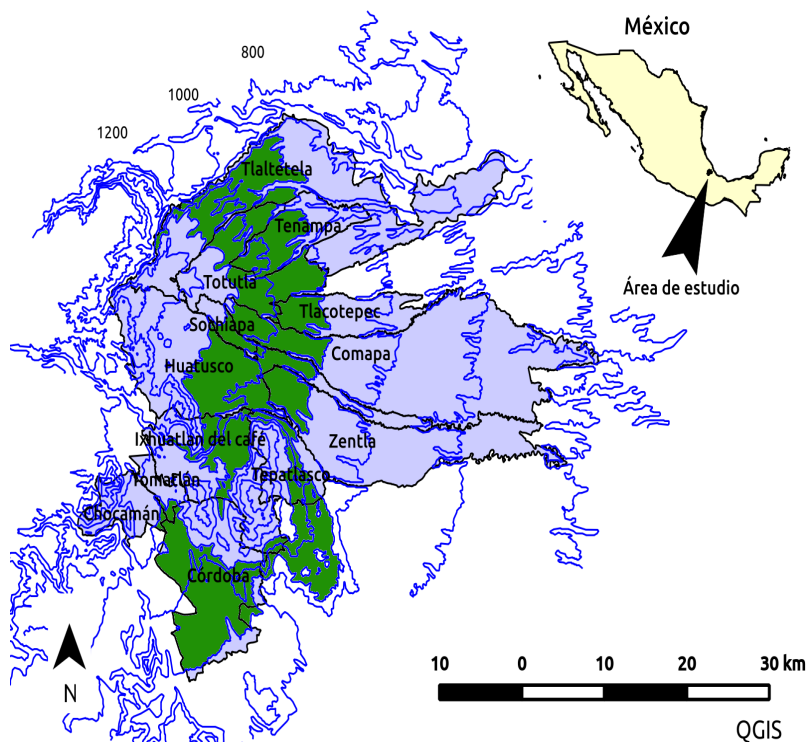
En la presente investigación, el nivel tecnológico fue un concepto eje para comprender los cambios en los rendimientos de café durante el periodo de estudio (línea de tiempo de 10 años), determinando así, cómo los productores de café transformaron durante este periodo, los insumos a su disposición en el agroecosistema para lograr las cosechas del aromático en el área de estudio. Un concepto que resulta útil en la generación de información valiosa que permite el reconocimiento de necesidades en las diferentes etapas de producción y agro transformación del café (Benítez-García et al., 2015; Contreras-Medina et al., 2019). Aunado al concepto de nivel tecnológico, se usó el de innovación tecnológica, el cual, no solo está referido a tecnologías que los productores toman del contexto (exotecnologías), sino también, a aquellas que han sido generadas por los mismos productores como resultado de procesos de experimentación y adaptación tecnológica (endotecnologías) (Pomachagua y Rojas, 2019; Rosales-Martínez y Casanova-Pérez, 2021).

Por último, es importante mencionar que la presente investigación fue de carácter cuantitativo e involucró la colecta de la información a través de una encuesta dirigida a productores cafetaleros del Distrito 005 de Fortín, Veracruz, México, con el fin de conocer las formas de manejo que los productores realizaban en sus agroecosistemas cafetaleros, al inicio y final de una década y los costos de producción asociadas a ellas. El análisis de la información fue con base en estadística descriptiva, incluida la prueba de McNemar.

Área de estudio

El área de estudio comprendió 13 municipios del estado de Veracruz, México: Córdoba, Chocamán,

Figure 1. Geographical location of the surveyed municipalities of the state of Veracruz, Mexico.
Figura 1. Localización geográfica de los municipios encuestados del estado de Veracruz, México.



Fuente: Adaptado de Red Comunitaria Vasconcelos (2009).
 Source: Adapted from Red Comunitaria Vasconcelos (2009).

was the determination of a consistent sample in 192 coffee producers within the study area, a sample obtained from a population of 63 635 farmers, according to the coffee register of Veracruz, with a reliability of 95 % and precision of 10 %. The sample size was obtained as follows:

$$n = \frac{Ns^2}{((N-1)D) + s^2}$$

Where:

n= sample size (for Z=1.96, 95 % of reliability)

N = population size= 63 635

Mean = 0.792

D = maximum permissible error = $B^2 = [0.10 (0.792)]^2 / 4 = 0.0015$

S = exploratory variance = 0.55 ha²

The formula shed 192 farmers to be surveyed, however, during the survey application the theoretical saturation was reached by interviewing 145 farmers, this is why it was not necessary to apply

Tepatlxco, Tlaltetela, Comapa, Huatusco, Ixhuatlán del Café, Sochiapa, Tenampa, Tlacotepec de Mejía, Tomatlán, Totutla y Zentla, pertenecientes al Distrito de Desarrollo Rural Sustentable 005 Fortín, considerado como uno de los más representativos de la producción de café en el estado de Veracruz (Figura 1),

Encuesta y análisis estadístico

En el cálculo del tamaño de muestra para la encuesta, se utilizó la fórmula de Scheaffer et al. (1987). El resultado fue la determinación de una muestra consistente en 192 productores de café en el área de estudio, una muestra obtenida a partir de una población de 63 635 productores, de acuerdo con el padrón cafetalero veracruzano, con una confiabilidad de 95 % y precisión de 10 %. El tamaño de muestra se calculó de la siguiente manera:

$$n = \frac{Ns^2}{((N-1)D) + s^2}$$

Dónde:

n= tamaño de muestra (para Z=1.96, 95 % de confianza)

another interview, because it would not provide relevant information for the research (Morales-De Casas and Márquez-Linares, 2020). This data did not affect the permissible error (10 %) because the decision of selecting the sample size was found in a range of B maximum and B optimal (400 and 100 respectively).

The questionnaire applied comprised open and closed questions, of which, 12 were focused on obtaining information on the technological level and 17 economic in nature, in a period of 10 years. This period was selected because was enough to demonstrate meaningful differences as it is pointed out by the studies of Jiménez-Barrera (2018) and Sotomayor et al. (2021). This questionnaire was applied to the responsible member of each family that produces coffee regardless of sex, age, or education.

Regarding the information of economic nature, data on production costs, sown area, yield, income, expenses, sale price, among others, were collected in order to know the investment made for each practice, production volume and income obtained. In terms of the variables, in the evaluation of technological change the coffee variety, clearing, pruning, fertilization, pests and diseases, soil conservation practices and coffee processing were considered. The responses for the closed questions were established with a Yes or No, both for before (lower limit of the interval) and for after (upper limit of the interval); while the open questions gave information on the way in which these practices were carried out before and after.

Data obtained was analyzed through the *Statistica* program version 7.0 (STATSOFT, 2007), frequencies and averages were calculated, and the non-parametric McNemar's test was applied for dependent samples, frequency analysis and Chi². The McNemar's test for the technological change determination was applied when the observations (X_i , Y_i) were obtained from the same individual, one before (X_i) and another after (Y_i), either over time or after having applied some treatment. In this type of test, each individual acts as his or her own control, in which the nominal measurement made it possible to specify the change from before to after and it has been used in diverse research to measure changes in some study phenomenon (Rosales-Martínez et al., 2014; Rosales et al., 2020; Del Ángel-Ocampo et al., 2021). A double entry table was made to develop this test (Table 1).

$N =$ tamaño de población = 63 635

Media = 0.792

$D =$ disposición de error máximo = $B^2 = [0.10 (0.792)]^2 / 4 = 0.0015$

$S =$ varianza exploratoria = 0.55 ha²

La fórmula arrojó 192 productores por encuestar, no obstante, durante el trascurso de la aplicación de la encuesta se alcanzó la saturación teórica al entrevistar a 145 productores, por lo que no fue necesario agregar una entrevista más, ya que no aportaría información relevante a la investigación (Morales-De Casas y Márquez-Linares, 2020). Este dato no alteró la disposición de error (10 %) debido a que la decisión de elección del tamaño de muestra se encontró entre un rango de B máxima y de B óptima (400 y 100 respectivamente).

El cuestionario aplicado se conformó con preguntas abiertas y cerradas, de las cuales, 12 se enfocaron a la obtención de información sobre el nivel tecnológico y 17, de carácter económico, en un intervalo de 10 años. Este periodo fue elegido por ser suficiente para demostrar diferencias significativas como lo mencionan los estudios de Jiménez-Barrera (2018) y Sotomayor et al. (2021). Dicho cuestionario se aplicó al responsable de cada familia que produce café, sin importar sexo, edad, ni escolaridad.

Respecto a la información de carácter económico, se recabaron datos sobre costos de producción, superficie sembrada, rendimiento, ingresos, egresos, precio de venta, entre otros, todo ello con el fin de conocer la inversión realizada para cada práctica, volumen producido, y los ingresos obtenidos. En cuanto a las variables, en la evaluación del cambio tecnológico se consideró la variedad de café, limpieza, poda, abonado o fertilizado, plagas y enfermedades, prácticas de conservación de suelo, proceso de beneficiado. Las respuestas para las preguntas cerradas se establecieron a través de un Si y un No, tanto para antes (límite inferior del intervalo) y para después (límite superior del intervalo); mientras que las preguntas abiertas proporcionaron información sobre la manera en que estas prácticas se realizaban antes y después.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa *Statistica* versión 7.0, (STATSOFT, 2007), se calcularon frecuencias, promedios y, se aplicó

Table 1. Double entry matrix for the McNemar's test.
Cuadro 1. Matriz de doble entrada para la prueba de McNemar.

	+	-	Total
+	A	B	a+b
-	C	D	c+d
Total	a+c	b+d	100

The signs + and - are used to symbolize different responses. Note that cases that show changes between the first and second responses appear in cells "B" and "C." Thus, an individual is classified in cell "b" if changes from + to -. He or she is classified in cell "c" if changes from - to +. He or she is classified in cell "a," if his or her response prevailed from + to +. He or she was classified in cell "d" if the response prevailed from - to -.

Results and discussion

Coffee varieties used

In the study area, the surveyed farmers only grow the Arabica species (*Coffea arabica*), coinciding with other parts of the world where it is the most grown coffee species. This species needs, compared to the robusta species (*Coffea canephora*), low temperatures (18-21 °C vs 22-30 °C), less humidity (70-80 % vs 80-90 %) and it is grown with more shade than the second one. The Arabica species is characterized because it is a small plant, grown under densities of 3000-4000 plants·ha⁻¹, a higher density than the robusta species with 750-1000 plants·ha⁻¹ (Sinu et al., 2021). Likewise, this species is divided into two pattern varieties (Typica and Bourbon), which have a complex aroma and pronounced acidity, for this reason, they are considered as having better quality compared to varieties of the *Coffea canephora* species, and more valued in the specialty coffee markets (Cordes et al., 2021).

However, in the study area, there were no statistically significant differences ($P = 0.1245$) in the amount of "pattern varieties" used by the coffee farmers before, versus, the amount they used after. In the same way, the most used varieties by farmers, 10 years ago were: Costa Rica, Garnica, and Caturra; the less grown were: Blue Mountain, San Ramón, Pacamora, Catimor, Sarchimor and Ojo de Venado. Situa-

la prueba no paramétrica de McNemar para muestras dependientes, análisis de frecuencias y Chi². La prueba de McNemar para determinar el cambio tecnológico, se aplicó cuando las observaciones (X_i, Y_i) eran obtenidas del mismo individuo, una antes (X_i) y otra después (Y_i), ya sea en el tiempo o después de haber aplicado algún tratamiento. En este tipo de prueba cada individuo actúa como su propio control, en los que la medición nominal permite especificar el cambio de antes a después y ha sido utilizada en diversas investigaciones para medir cambio de algún fenómeno de estudio (Rosales-Martínez et al., 2014; Rosales et al., 2020; Del Ángel-Ocampo et al., 2021). Para la aplicación de esta prueba se preparó una tabla de doble entrada (Cuadro 1).

Se utilizan los signos + y - para simbolizar respuestas diferentes; obsérvese que los casos que muestran cambios entre la primera y la segunda respuesta aparecen en las celdas "B" y "C". Así, un individuo es clasificado en la celda "b" si cambia de + a -. Es clasificado en la celda "c", si cambia de - a +. Se clasifica en la celda "a", si su respuesta prevaleció de + a +. Se clasifica en la celda "d" si su respuesta prevaleció de - a -.

Resultados y discusión

Varietades de café utilizadas

En el área de estudio, los productores encuestados únicamente cultivan la especie arábica (*Coffea arabica*), coincidiendo con otras partes del mundo donde es la especie de café más cultivada. Esta especie requiere, en comparación con la robusta (*Coffea canephora*), temperaturas bajas (18-21 °C vs 22-30 °C), humedad menor (70-80 % vs 80-90 %) y se cultiva con mayor sombra que la segunda. La especie arábica se caracteriza por ser plantas pequeñas, cultivadas en densidades de 3000-4000 plantas·ha⁻¹, cantidad mayor a la robusta con 750-1000 plantas·ha⁻¹

tion that did not change, since currently, the most cultivated varieties continue to be Costa Rica, Garnica, and Caturra (Table 2).

In other research, Benítez-García et al. (2015) reported that the most used varieties by coffee growers of the state of Puebla were also Mundo Novo, Arabica, Garnica and Bourbon, on their part López-García et al. (2016) mentioned the Typica, Garnica, Bourbon and Caturra varieties as the most grown in the state of Veracruz. Likewise, Gasperín-García et al. (2023) also coincide with these data for the Mountain Regions of Veracruz in the use of the Typica, Garnica, Costa Rica, Colombia and Bourbon varieties within their coffee plantations.

Regarding organic coffee production, Catimor is the favorite variety of farmers, and one of the reasons is its tolerance to coffee rust (*Hemileia vastratis*), a disease that currently affects coffee production. In addition to this variety, farmers have shown a growing interest in including others such as Mundo Novo, Catuai, Maragogipe, etc., varieties resistant to diseases and pests such as brown eye spot, canker and American leaf spot (Medina-Meléndez et al.,

(Sinu et al., 2021). Asimismo, esta especie es dividida en dos variedades patrón (Typica y Bourbon), las cuales poseen un aroma complejo y acidez pronunciada, por lo cual, son valoradas como de mejor calidad comparadas con variedades de la especie *Coffea canephora*, y más apreciadas por el mercado de cafés especiales (Cordes et al., 2021).

Sin embargo, en el área de estudio, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P = 0.1245$) en la cantidad de "variedades patrón" que utilizaban los productores cafetaleros antes, *versus*, la cantidad que utilizaron después. De la misma manera, las variedades más utilizadas por los productores hace 10 años fueron: Costa Rica, Garnica, y Caturra; las que menos se cultivaron fueron: Blue Mountain, San Ramón, Pacamora, Catimor, Sarchimor y Ojo de Venado. Situación que no cambió, ya que actualmente, las variedades más cultivadas continúan siendo Costa Rica, Garnica, y Caturra (Cuadro 2).

En otras investigaciones, Benítez-García et al. (2015) reportaron que las variedades más utilizadas por los cafetaleros del estado de Puebla también

Table 2. Coffee varieties are grown by farmers in Veracruz, Mexico.
Cuadro 2. Variedades de café cultivadas por los productores en Veracruz, México.

Variety / Variedad	Before / Antes		Currently / Actualmente	
	Yes / Si	NO	Yes / Si	No
Typica o criollo	90	55	52	93
Bourbon	7	138	26	119
Mundo Novo	7	138	9	136
Caturra	11	134	45	100
Garnica	15	130	50	95
Oro azteca	1	144	11	134
Costa Rica	21	124	71	74
Colombia	7	138	28	117
Catimor	---	---	2	143
Geisha	---	---	8	137
Sarchimor	---	---	3	142
San Ramón	---	---	1	144
Blue mountain	---	---	1	144
Pacamora	---	---	2	143
Ojo de venado	1	144	3	142

Source: Own elaboration based on the survey data.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta

2016; Julca-Otiniano et al., 2018; Medina et al., 2020). For that purpose, farmers have been supported by new research institutions from this region, such as the INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) and the CRUO (Centro Regional Universitario de Oriente) of the Universidad Autónoma Chapingo.

Julca-Otiniano et al. (2018) and Benítez-García et al. (2015) report in their research that the introduction of new coffee varieties motivated coffee growers of the state of Puebla to sow more area, because these have shown that are more resistant to diseases, for example, the Garnica variety is referred as more resistant to the rays of the sun and the Oro Azteca as of high production and resistant to the coffee rust (Ocampo-Guzmán, 2020).

In the analysis of these changes, the McNemar's test was useful as it showed statistical differences ($P = 0.0001$) in the amount of new varieties used by farmers in their coffee agroecosystems. The respondents point out that, although the new varieties do not have the same quality than the creole ones, these have advantages such as resistance to pests and diseases, this because these plants have as a pattern the robusta variety, as in the case of the Costa Rica variety.

Traditional technological practices in coffee agroecosystems

In the district 005 of Fortín, Veracruz, Mexico, farmers develop diverse cultural practices within coffee agroecosystems such as clearing, sowing, re-sowing, pruning, fertilization, harvesting and coffee processing. Among these practices we find those needed for the good plant growth, in addition to other actions that articulate daily action-participation (Arriaga et al., 2021). These activities are similar to those pointed out by Contreras et al. (2019), who reported that in coffee plantations of Xolotla, Puebla, cultural practices are conducted, these include application of organic fertilizers, chemical fertilization, pruning of coffee plantations, pruning of shade trees, weeding, chemical control and plant renewal.

Clearing practice.

This research shows statistical differences in this activity ($P = 0.0003$, $g.l.= 1$), which means that after one decade, a greater number of farmers develop this practice (15 farmers), versus, those who developed it

fueron Mundo Novo, Arábica, Garnica y Bourbon, por su parte López-García et al. (2016) mencionan a las variedades Typica, Garnica, Bourbon y Caturra como las más cultivadas en el estado de Veracruz; asimismo, Gasperín-García et al. (2023) también coincidieron con estos datos para la Región de las Altas Montañas de Veracruz en el uso de las variedades Typica, Garnica, Costa Rica, Colombia y Bourbon en sus cafetales.

En cuanto a la producción orgánica de café, Caturra es la variedad preferida por los productores, y entre una de las razones, es por su tolerancia a la roya (*Hemileia vastatrix*), enfermedad que actualmente afecta a la producción cafetalera. Además de esta variedad, los productores han mostrado un interés creciente por incluir otras más como Mundo Novo, Catuaí, Maragogipe, etc., variedades resistentes a enfermedades y plagas como ojo de gallo, antracnosis y mancha de hierro (Medina-Meléndez et al., 2016; Julca-Otiniano et al., 2018; Medina et al., 2020). Para tal fin, los productores se han apoyado en nuevas instituciones de investigación presentes en esta región, como, el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) y el CRUO (Centro Regional Universitario de Oriente) de la Universidad Autónoma Chapingo.

Julca-Otiniano et al. (2018) y Benítez-García et al. (2015) reportan en sus investigaciones, que la introducción de nuevas variedades de café motivó a los productores cafetaleros del estado de Puebla a sembrar más superficie, ya que éstas han demostrado ser más resistentes a enfermedades, por ejemplo, se menciona a la variedad Garnica como resistente a los rayos del sol y al Oro Azteca como de alta producción y resistente a la roya (Ocampo-Guzmán, 2020).

En el análisis de estos cambios, la prueba de McNemar resultó útil al mostrar diferencias estadísticas ($P = 0.0001$) en la cantidad de variedades nuevas utilizadas por los productores en sus agroecosistemas cafetaleros. Los productores encuestados señalan que, aunque las variedades nuevas ya no tienen la misma calidad que las criollas, éstas tienen ventajas como, resistencia a plagas y enfermedades, esto debido a que dichas plantas tienen como patrón a la variedad robusta, como es el caso de la variedad Costa Rica.

and those who do not do it anymore (0 farmers). This was a positive change (Table 3).

In terms of the tools used by farmers and how they clear their coffee plantations, there are some differences in the combination of tools they used before, compared to those they use now. Before the combination of chainsaw-machete, scissors-hook, machete-chainsaw-scissors, hook-chainsaw-scissors, scissors-saw, saw-hook, machete-mallet nor machete-saw-scissors was not used, but currently, these tools are used for this task. Thus, it is clear that farmers from this region do not use sophisticated tools and of great technological advance like in Brazil or Colombia (Ocampo-López et al., 2017).

Within the study area, farmers develop the clearing of coffee plantations in three diverse ways, manually, chemically or biologically, or combining the three. In this sense, participants said that they try to use the minimum of agrochemicals to avoid environmental pollution.

Generally, the changes detected are positive because this cultural practice is particularly important. If it is not developed, plants do not grow correctly, also, due to the difficulty it causes when harvesting the grain. Likewise, the times per cycle in which they perform the clearing vary, some farmers carry it out manually two or three times, and others, only develop it once or even never, the following comments are an example of this:

*"...Sometimes I make clearing two or three times, in May, April and August, if there are trunks, I use the hoe. When I use machete and to make it faster, the bush is only *cajueledo* (this is, it is only cleaned around the plant), Marcelino Hernández Hernández, Tlaltetela, 81 years old..."*

"When it rains a lot, we clear with the machete; in the sun, with hoe, if there are lots of weed, we pour a liquid, so when we cut, people walk in a clean land..."
Anatalio Ciro, El ocote, Huatusco, 61 years old..."

Regarding the use of tools, the clearing with *coa* or hoe needs more time, but is more effective because the removal of the weed is more complete. The number of times the clearing is developed can vary, and it depends on the land fertility so they can be conducted from three to ten and twelve per year,

Prácticas tecnológicas tradicionales en los agroecosistemas cafetaleros

En el Distrito 005 de Fortín, Veracruz, México, los productores realizan diversas prácticas culturales en sus agroecosistemas cafetaleros, como limpia, siembra, resiembra, poda, fertilización, cosecha y beneficiado del producto. Entre estas prácticas se encuentran las requeridas para el buen desarrollo de la planta, además de otras acciones que articulan acción-participación cotidiana (Arriaga et al., 2021). Estas actividades son similares a las señaladas por Contreras et al. (2019), quienes reportaron que en cafetales de Xolotla, Puebla, se realizan prácticas culturales como aplicación de abonos orgánicos, fertilización química, poda de cafetales, poda de árboles de sombra, deshierbe, control químico y renovación de plantas.

Práctica de limpia.

Esta investigación muestra diferencias estadísticas en esta actividad ($P = 0.0003$, $g.l.= 1$), lo que significa que después de una década, un mayor número de productores realiza esta práctica (15 productores), versus, los que la realizaban y dejaron de hacerla (0 productores). Siendo este un cambio positivo (Cuadro 3).

Respecto a las herramientas utilizadas por los productores y a la forma en que limpian sus cafetales, existen algunas diferencias en la combinación de herramientas que utilizaban antes, comparadas a las que utilizan actualmente. Antes no se utilizaban en conjunto motosierra-machete, tijera-gancho; machete-motosierra-tijera; gancho-motosierra-tijera; tijeras-serrucho; serrucho-gancho; machete-mazo; ni machete-serrucho-tijera, y actualmente estas herramientas si son utilizadas para realizar esta labor. Por tanto, se observa que los productores de esta región no utilizan herramientas sofisticadas y de gran avance tecnológico como en Brasil o Colombia (Ocampo-López et al., 2017).

En el área de estudio, los productores realizan limpia de los cafetales de tres maneras, de forma manual, química o biológica, o bien con la combinación de las tres. En este sentido, los participantes mencionaron que intentan usar el mínimo de agroquímicos para no contaminar el medio ambiente.

En general, los cambios detectados son positivos, debido a que esta práctica cultural de cultivo es muy importante, al no realizarse, las plantas no se desa-

that is, every month (Gómez, 2010). Likewise, about the tools used for this practice, Medina-Meléndez et al. (2016) also report for the state of Chiapas that most of the coffee growers (92.20 %) conduct the weed control manually. Also, they coincide with the results obtained here when it is mentioned that a little bit more sophisticated tools are needed to develop this task. However, this practice is often neglected in Mexico, as a consequence the state of many coffee plantations is pitiful.

Finally, farmers also perform mechanical control by using machete, shovel and strimmer, while the chemical control is developed by herbicides such as paraquat®, an herbicide considered by the World Health Organization (WHO) as “Class II: moderately hazardous.” Although these agrochemicals eliminate weeds, they also cause harm to humans (Viales, 2014) and to beneficial microorganisms living in the soil (CICAFE, 2011).

Fertilization of coffee plantations.

Regarding this practice, there are significant differences, considered as positive changes because there are more farmers that now fertilize (17) compared to those who did not fertilize (17), data compared to those farmers that fertilized 10 years ago and now they have stopped doing it (4) (Table 3).

It is important to mention that 10 years ago, most of the farmers fertilized with chemicals (71.7 %) and

rollan adecuadamente, además, por la dificultad que origina al momento de cosechar el grano. Asimismo, las veces por ciclo en que realizan la limpia, varían, algunos productores la realizan en dos o tres ocasiones de manera manual, y otros, solo lo hacen una vez, e incluso ninguna vez, ejemplo de ello son los comentarios siguientes:

“...A veces hago dos o tres limpias, en mayo, abril y agosto, si queda el tronco, pues con azadón. Cuando se hace con machete y para que sea más rápido, solo se cajuelea la mata (es decir, solo se limpia alrededor de la planta), Marcelino Hernández Hernández, Tlaltetela, 81 años...”

*“Cuando llueve mucho, se hace chapeo con machete; en sol, con azadón, si gana la hierba se echa líquido, así cuando es el corte, la gente anda en lo limpio...”
Anatalio Ciro, El ocote, Huatusco, 61 años...”*

En cuanto al uso de herramientas, las limpias con coa y azadón requieren un tiempo mayor, pero tienen la ventaja de ser más efectivas, debido a que la eliminación de la hierba es más completa. La cantidad de limpias puede variar, y dependen de la fertilidad de la tierra, por lo que pueden ser desde tres hasta 10 y 12 por año, es decir, cada mes (Gómez, 2010). Asimismo, respecto a las herramientas utilizadas para esta práctica, Medina-Meléndez et al. (2016) también reportan para el estado de Chiapas que la mayoría de

Table 3. Changes in the traditional practices of coffee agroecosystems of the state of Veracruz.
Cuadro 3. Cambios en las prácticas tradicionales de los agroecosistemas cafetaleros del estado de Veracruz.

Practices / Prácticas	Before-After / Antes-Después	Before-After / Antes-Después	Before-After / Antes-Después	Before-After / Antes-Después
	Yes-Yes Si-Si	Yes-no Si-No	No-Yes No-Si	No-No
Clearing / Limpia	126	0	15	1
Pruning/ Poda	117	1	15	9
Fertilization / Fertilización	116	4	17	8
Pests and diseases / Plagas y enfermedades	23	5	58	51
Soil conservation / Consevación del suelo	47	1	26	64

Source: Own elaboration based on the data from the survey.
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la encuesta.

currently they still do this in this way (63.4 %); however, nowadays, they also use coffee pulp to fertilize. Nevertheless, the percentage of farmers who do it this way is still small (1.3 %), because most of them sell cherry coffee, and they do not have this waste at their disposal.

In this sense, Villegas (2022) considers fertilization as the most important practice to preserve and maintain coffee production. However, also, the excessive use of synthetic chemical fertilizers in food production can cause adverse environmental impacts, especially in the soil and water feeds. In the same way, Martínez et al. (2015) say that these effects have been related to the incidence of some diseases in people, so its rational use is essential.

Pruning of coffee plantations.

The McNemar's test reflects changes in this practice ($P = 0.0012$, $g.l.= 1$). It was observed that these changes are positive, because now there are more farmers that conduct it (15), data compared to those who do not do it now (1) (Table 3). Farmers develop three types of pruning: descope, medium pruning and re-cepta. The choice of a pruning and tools to conduct it, depends on the experience and interest in experimenting, as in the case of a farmer who says that develops this activity with pruning saw, a tool used of own initiative and to date it has been successful by obtaining satisfactory results.

Both, pruning and fertilization are considered the most important practices in coffee agroecosystems, because if they are applied with discernment and opportunity, allow the plants to grow and produce major branches thanks to the stem selection, increasing and regularizing production (Gómez, 2010). The main pruning can be performed per plant, with cycles that involve different number of years and the partial or total area of the coffee plantation (Fonseca et al., 2018).

Pests and diseases in coffee plantations.

There are significative differences in the number of farmers with pests or diseases in their coffee plantations during the timeline analyzed. These changes are considered negative, because the number of farmers whose coffee plantations have pests and diseases (58) is greater, compared to those farmers that 10 years ago had this problem and currently, their coffee

los cafecultores (92.20 %) realizan el control de malezas de forma manual. Además, coinciden con los resultados aquí obtenidos, al mencionar que se necesitan herramientas un poco más sofisticadas para realizar esta práctica; sin embargo, a menudo esta práctica se descuida en México, siendo lastimoso el estado que guardan muchos plantíos de café.

Por último, los productores también realizan control mecánico utilizando machete, pala y chapeadora, mientras que el control químico lo realizan con herbicidas como el paraquat®, herbicida considerado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como "Moderadamente peligroso, clase II". Si bien, estos agroquímicos eliminan las malezas, también ocasionan daños a los seres humanos (Viales, 2014) y a los microorganismos benéficos que habitan en el suelo (CICAFE, 2011).

Fertilización de los cafetales.

Respecto a esta práctica, se observan diferencias significativas, interpretándose como cambios positivos, debido a que son más los productores que antes no fertilizaban y ahora si lo hacen (17), dato comparado, con aquellos productores que fertilizaban hace 10 años y ahora han dejado de hacerlo (4) (Cuadro 3).

Es importante mencionar que hace 10 años, la mayoría de los productores fertilizaba con químicos (71.7 %) y actualmente lo continúan haciendo de esta manera (63.4 %); no obstante, ahora, además, usan pulpa de café para abonar. Sin embargo, aún es escaso el porcentaje de productores que lo hace de esta forma (1.3 %), debido a que la mayoría de los productores vende su café en cereza, por lo tanto, no tiene este residuo a su disposición.

En este sentido, la fertilización es considerada por Villegas (2022) como la práctica de mayor importancia para preservar y mantener la producción de café. No obstante, también el uso excesivo de fertilizantes químicos sintéticos en la producción de alimentos puede provocar efectos ambientales adversos, sobre todo, en el suelo y en los afluentes de agua; asimismo, Martínez et al. (2015) mencionan que estos efectos se han asociado con la incidencia de algunas enfermedades en las personas, por lo que es imprescindible su uso racional.

Poda de los cafetales.

La prueba de McNemar refleja cambios en esta práctica ($P = 0.0012$, $g.l.= 1$). Se observó que estos cambios son positivos, debido a que ahora son más los

plantations are free of them (5). The percentage of respondents that did not report pests or diseases is low (5.51 %). Coffee producers said that normally, pests and diseases attack their coffee plantations, which causes considerable damage reflected in inferior quality of the grain and therefore, lower sales price.

The analysis of data obtained indicates that 46 % of farmers currently show at least one pest or disease in their coffee plantations, among them there is the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferr.) and orange rust of the coffee plant (*Hemileia vastatrix* Berk and Br.), whose presence has been mostly attributed to the effect of the climate change, phenomenon that has caused a temperature increase and precipitation decrease (Henderson, 2019).

It is important to mention that not only in Mexico coffee *agroecosystems* show this type of problems, also in countries such as Peru, there are reports of these pests and diseases in the same period. Against this background, Milla et al. (2019) recommend establishing coffee plantations under the shade of tree species, strategy that increases the diversity of organisms that function as biological control and contributes to reducing the incidence of pests. The physical and sensory quality of the grain is also improved, which helps farmers to increase their income from the sale of their coffee and the products obtained from these trees.

Another important aspect to be considered is that, in the case of Latin America, the Arabica traditional varieties come from seeds of a few plants from the center of origin in Ethiopia. These varieties are Typica and Bourbon, which have originated others through natural or spontaneous mutations and induced crossings such as Caturra, Mundo Novo, Catuai, Pache, Villa Sarchí, Pacas, Maragogipe, etc. This situation explains the narrow genetic base of all of them, characteristic that do not allow them to have tolerance to certain pests or resistance to certain diseases, including coffee rust (*Hemileia vastatrix*) (ANACAFÉ, 2019). However, fortunately, the percentage of agrochemicals used for the pest control is still low, because probably the coffee under shade regulates climate, provides refuge and habitat for natural enemies that decrease the abundance of insect pests in coffee (Contreras et al., 2019).

productores que si la realizan (15), dato comparado con aquellos que ahora no la hacen (1) (Cuadro 3). Los productores realizan tres tipos de poda: crecimiento agobiado o inclinado, crecimiento suspendible y resepa o rejuvenecimiento. La elección de la poda y los instrumentos para hacerla depende de su experiencia e interés por experimentar, como es el caso de un productor, quien comenta que esta actividad la realiza con serrucho de podar, herramienta usada por iniciativa propia y que hasta la fecha le ha brindado satisfacción al obtener buenos resultados.

Tanto la poda como la fertilización son consideradas las prácticas más importantes en los agroecosistemas cafetaleros, debido a que, aplicadas con discernimiento y oportunidad, permiten a las plantas desarrollarse y producir mayor ramificación gracias a la selección de tallos, aumentando y regularizando la producción (Gómez, 2010). Las podas principales se pueden realizar por planta, con ciclos que involucran diferentes números de años y que involucran superficie parcial o total del cafetal (Fonseca et al., 2018).

Plagas y enfermedades en los cafetales.

Existen diferencias significativas en el número de productores con plagas y enfermedades en sus cafetales en la línea de tiempo analizada. Estos cambios se consideran negativos, debido a que es mayor el número de productores cuyos cafetales cuentan con la presencia de plagas y enfermedades (58), comparado con aquellos productores que hace 10 años sí tenían este problema y actualmente, sus cafetales están libres de ellas (5). El porcentaje de los productores entrevistados que no reportó plaga o enfermedad es bajo (5.51 %). Los productores cafetaleros mencionan que regularmente las plagas y enfermedades atacan a sus cafetales, las cuales ocasionan daños importantes, lo que incide en mala calidad del grano y por ende menor precio de venta.

El análisis de los datos obtenidos indica que el 46 % de los productores presenta al menos una plaga o enfermedad en su cafetal recientemente, entre ellas se encuentra la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr.) y la roya anaranjada del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.), cuya presencia ha sido atribuida en mayor medida al efecto del cambio climático, fenómeno que ha traído consigo el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación (Hen-

Soil conservation practices.

There are meaningful differences in the number of farmers that have conducted soil conservation practices ($P = 0.00001$, $g.l. = 1$). These differences show positive changes, because there are more farmers who did not practice them before and who currently do (26). Actually, there is only the case of a farmer who developed them before and no longer does it (Table 3). Among these practices we have the manual weeding, in this sense, some farmers do not use chemicals anymore (6.9 %) or only use them in exceptional cases (5.5 %). In the same way they avoid clearing at ground level with machete (3.4 %). Also, they say that when developing these conservation practices correctly, they protect and nourish the soil to obtain a greater production in their coffee plantations.

An alternative for these agroecosystems is the implementation of agroecological practices to maintain and increase soil fertility by favoring the conditions to obtain a higher percentage of nutrients such as nitrogen, potassium, calcium, phosphorus and magnesium and, therefore, greater yields (Márquez de la Cruz et al., 2022). Contreras et al. (2019) showed that 75 % of the cultural practices for the coffee plantation management in Puebla are this type, among them, the use of organic fertilizers, pruning of coffee plantations, weeding and renovation of plantations. Although there are other soil conservation practices that should be carried out such as native live fences, induced live fences, dead fences, weed control, individual terraces, diversion channels, ditches and contour lines (Regalado, 2006).

Coffee processing.

In this research it was found that very few farmers process their product, this is why there are not significant differences in this variable between before and after ($P = 0.6831$, $g.l. = 1$). Those who did not process it before and now do, are two farmers and those who used to process before and now do not, are four farmers. They say that it is not profitable to process their product:

"...Before I did everything, but now gas is very expensive and also the Department of Health does not allow it due to the rains, Evencio Marín Espinoza, Agua Santa Comapa, 61 years old..."

derson, 2019).

Es importante mencionar que, no solo en México los *agroecosistemas* cafetaleros presentan problemas de este tipo, también en países como Perú reportan en este mismo periodo la presencia de estas plagas y enfermedades. Ante esto, Milla et al. (2019) recomiendan el establecimiento de plantaciones de café bajo sombra de especies arbóreas, estrategia que incrementa la diversidad de organismos que actúan como control biológico y contribuyen a la reducción de la incidencia de plagas, también se mejora la calidad física y sensorial del grano, lo cual ayuda a los productores a incrementar sus ingresos por la venta de su café y de los productos obtenidos de estos árboles.

Otro aspecto importante para considerar es que, en el caso de Latinoamérica, las variedades tradicionales de arábica provienen de semillas de unas pocas plantas del centro de origen en Etiopía. Estas variedades son Típica y Bourbon, las cuales han originado otras por medio de mutaciones naturales o por cruzamientos espontáneos e inducidos, como Caturra, Mundo Novo, Catuai, Pache, Villa Sarchí, Pacas, Maragogipe, etc. Esta situación explica la estrecha base genética de todas ellas, característica que no les permite tener tolerancia a ciertas plagas o resistencia a ciertas enfermedades, incluida la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) (ANACAFÉ, 2019). No obstante, afortunadamente, el porcentaje de agroquímicos para el control de plagas utilizado aún es bajo, debido probablemente a que el café bajo sombra regula el clima, proporciona refugio y hábitat para enemigos naturales, que disminuyen la abundancia de insectos plaga en el café (Contreras et al., 2019).

Prácticas de conservación de suelos.

Existen diferencias significativas en el número de productores que han realizado prácticas de conservación de suelos ($P = 0.00001$, $g.l. = 1$). Estas diferencias indican cambios positivos, debido a que son más los productores que antes no las realizaban y que actualmente las realizan (26), de hecho, solo existe el caso de un productor que antes las realizaba y ahora dejó de realizarlas (Cuadro 3). Entre estas prácticas destacan el deshierbe manual; en este sentido, algunos productores ya no usan químicos (6.9 %) o los utilizan solo en casos excepcionales (5.5 %); asimismo, evitan chapear al ras (3.4 %), además, ellos manifiestan que, al realizar correcta-

Some coffee producers in the study area have infrastructure for this process, however, they abandoned it because it is not profitable to use it, given the excessive costs for its processing, including the acquisition of machinery, gas, and payment of workforce. These expenses cause that the price per kilogram of parchment acquires a value equivalent to the kilogram of cherry; reason most of the coffee produced in coffee farms is marketed latterly, and those who can process their product are large farmers, or are part of an organization, but they are no longer implementing this practice.

These cultural practices for the coffee agroecosystem management are mostly developed by farmers and their families. Benítez-García et al. (2015) and Rosales-Martínez et al. (2018) follow this when mentioning that the coffee agricultural activities are conducted by family members and sometimes with the help of friends and neighbors, however, the farmers that have large coffee areas, require hired workforce, especially for cutting grain.

Economic aspects in the coffee agroecosystem production

Farmers from the state of Veracruz have an average yield of 4.04 t·ha⁻¹; those who harvest the most are those from the municipality of Tomatlán with 5.87 t·ha⁻¹, followed by those from Córdoba and Huatusco (5.24 and 5.19 t·ha⁻¹, respectively). Of the respondents, those from the municipality of Tlaltetela reported lower yields (2.61 t·ha⁻¹). However, the yields of the latest are higher than 2.02 t·ha⁻¹ reported by the SIAP (2013) for these regions and the national average, of 1.92 t·ha⁻¹. In this regard, Contreras et al. (2019) reported yields in coffee plantations of Puebla of 1.3 t·ha⁻¹, close to the national average yield.

Regarding production costs, these farmers invest a great amount of economic resources. In the productive cycle before the survey, coffee growers invested on average per production unit, for tools: \$5 843.49; to transport their product: \$2 403.00 per ha; for manure and fertilization: \$2 194.85; for clearing per ha: \$1 439.94; for pruning: \$514.60 per ha and \$788.84 per ha for sowing.

Although the respondents said the tools sector is that in which the most is invested, it is necessary to explain that farmers can use the same tools for

mente estas prácticas de conservación, protegen y nutren el suelo para obtener una mayor producción en sus cafetales.

Una alternativa en estos agroecosistemas es la implementación de prácticas agroecológicas para mantener y aumentar la fertilidad de los suelos al favorecer condiciones para obtener mayor porcentaje de nutrimentos como nitrógeno, potasio, calcio, fósforo y magnesio y, por ende, mayores rendimientos (Márquez de la Cruz et al., 2022). Contreras et al. (2019) mostraron que un 75 % de las prácticas culturales para el manejo de cafetales en Puebla son de este tipo, entre ellas, el empleo de abonos orgánicos, poda de cafetales, deshierbe y la renovación de ellos. Aunque existen otras prácticas de conservación de suelo que se deben realizar como barreras vivas nativas, barreras vivas inducidas, barreras muertas, control de maleza, terrazas individuales, canales de desviación, tinas y curvas a nivel (Regalado, 2006).

Beneficiado del café

En esta investigación se encontró que muy pocos productores benefician su producto, por lo que no existen diferencias significativas en esta variable entre antes y después ($P = 0.6831$, g.l.= 1). Los que antes no utilizaban beneficio y ahora sí, son dos productores y los que antes sí utilizaban beneficio y ahora no, son cuatro productores. Ellos mencionan que no es redituable beneficiar su producto:

"...Antes maquilaba todo, pero ahora está muy caro el gas y aparte salubridad no deja por las aguas, Evencio Marín Espinoza, Agua Santa Comapa, 61 años..."

Algunos productores cafetaleros en el área de estudio poseen infraestructura para este proceso, no obstante, la tienen abandonada debido a que ya no es rentable utilizarla, dado los excesivos costos para su beneficiado, incluidos la adquisición de maquinaria, gas, y pago de mano de obra. Estos gastos generan que el precio al que venden el kilogramo de pergamino adquiera un valor equivalente al kilogramo de cereza; razón por la que la mayoría del café producido en las fincas es comercializada de esta última manera, y aquellos que poseen beneficios donde podrían procesar su producto son los gran-

several years unlike the expenses incurred for clearing and fertilization, whose expense is developed per year or per each production season. García and Tablada (2019) reported that coffee growers of the state of Chiapas invest more in fertilization, however, production costs could vary from region to region, and even among farmers from the same region. Nevertheless, it is exceedingly difficult to estimate these costs, because most of the smallholders and small farmers do not record the expenses in their coffee agroecosystems. In this case, the small coffee growers, in other words, those who have less than 10 hectares, reported capitalizable incomes lower than \$30 000.00 pesos, compared to \$110 000.00 pesos and up, obtained by large farmers that has more than 20 ha sown with grain. Rizzo (2012) points out that only large farmers have enough income to capitalize, compared to subsistence farmers, who only obtain income to just meet their basic needs.

Regarding the crop transportation, there are differences, for example, large producers pay for trucks or cargo trucks to transport their product for selling, and others, specifically among small farmers, prefer to pay for transportation with mules, however, this decision depends on the economic resources of the farmer and on the amount of the harvested product.

In terms of the selling price, the respondents sold a kilogram of cherry coffee for \$5.26 on average. According to their words, it is not difficult to produce, the most demanding thing is to market it, because they often depend on an intermediary to sell. The price they sold their product was similar to that of 2015 (\$5.20 per kilogram) and 2016 (\$5.48 per kilogram) at the national level (CEDRSSA, 2018; Carrero, 2022).

In the same way, during the harvesting, there were variations in the price per kilogram of cherry starting and improving towards a maximum price during the peak of the "good cut" in the highlands (where the best coffee is produced). According to historical coffee prices, after the crisis of 1999-2004, the prices have improved, however, the ICC (International Coffee Council) is still reporting high variability in prices due to the increased inputs for production (Figueroa-Hernández et al., 2019), which matches with what was mentioned by the farmers, who face a fluctuation in coffee prices, situation that allows them to access the market, increase their technological in-

des productores, o los que forman parte de alguna organización, pero que ya no están implementando esta práctica.

Estas prácticas culturales para el manejo de los agroecosistemas cafetaleros son realizadas en su mayoría por el propio productor y por su familia. Benítez-García et al. (2015) y Rosales-Martínez et al. (2018) concuerdan con esto, al mencionar que las actividades agrícolas cafetaleras son realizadas por integrantes de la familia y ocasionalmente con la ayuda de amigos y vecinos, no obstante, aquellos productores que poseen grandes superficies de café son los que requieren mano de obra contratada, especialmente, para el corte del grano.

Aspectos económicos en la producción de los agroecosistemas cafetaleros

Los productores del estado de Veracruz tienen un rendimiento promedio de 4.04 t·ha⁻¹; los que más cosechan son los del municipio de Tomatlán con 5.87 t·ha⁻¹, seguidos por los de Córdoba y de Huatusco (5.24 y 5.19 t·ha⁻¹, respectivamente). De los productores encuestados, son los del municipio de Tlaltetela los que reportaron rendimientos menores (2.61 t·ha⁻¹); no obstante, el rendimiento de este último es superior a los 2.02 t·ha⁻¹ que reporta el SIAP (2013) para estas regiones y al promedio nacional, de 1.92 t·ha⁻¹. Al respecto, Contreras et al. (2019) reportaron rendimientos en cafetales de Puebla de 1.3 t·ha⁻¹, cercano al rendimiento medio nacional.

Respecto a los costos de producción, estos productores invierten gran cantidad de recursos económicos. En el ciclo productivo previo a la encuesta, los cafetaleros invirtieron en promedio por unidad de producción, en herramientas: \$5 843.49; para transportar su producto: \$2 403.00 por ha; para abono y fertilización: \$2 194.85; en limpia por ha: \$1 439.94; en poda: \$514.60 por ha y \$788.84 por ha para la resiembra.

Aunque los productores encuestados reportaron el rubro de herramientas, como en el que más se invierte, es necesario aclarar que los productores pueden usar la misma herramienta varios años a diferencia de los gastos erogados por limpia y fertilización, cuyo gasto es efectuado anualmente o por cada temporada de producción. García y Tablada (2019) reportaron que los cafetaleros del estado de Chiapas

dex, receive technical advice, have sufficient labor, increase their yields and prevent the attack of pests and diseases, which together lead them to obtain low income (Martínez-López et al., 2019).

Likewise, the way in which they sell their coffee could be a determinate factor for obtaining income, consequently, a strategy to improve the selling price is working in an organized way in cooperatives with an added value (González et al., 2019), situation that would allow obtaining a better price by expanding their market niches (Laínez-Loyo et al., 2020).

Based on the aforementioned, it is established that a proper coffee agroecosystem management is essential to obtain quality coffee. The main proper practices that must be developed are weeding, pruning, soil conservation practices, fertilization, re-planting, shade regulation, pest and disease control, harvesting and coffee processing (Regalado, 2006). Likewise, other variables must be considered such as density and age of the coffee plantations, agroclimatic conditions and agronomic management. Also, it is important to know the degree of technology of a farmer, in such a way that particular strategies be developed, that applied jointly can improve the income and productive capacity of the coffee producer (Bedoya and Salazar, 2014; Villegas, 2022).

Conclusions

Coffee producers of the state of Veracruz, Mexico, have made substantial changes in the cultural practices of their coffee agroecosystems in order to improve their production. These changes have been caused by the precarious situation in which the coffee productive system is. Situation that leads farmers to look for new survival strategies that include sustainable and non-sustainable practices to obtain better yields.

Among some of the main problems in these agroecosystems, there is the increased pests and diseases, situation that causes low yields and low-quality coffee, which affects their income due to the lowest price at which they sell their product.

Against this background, it is necessary to make efforts through strategies that involve consultancy and training for farmers, which promote the good productive practices, as well as the meaning of the organization through associations and cooperatives that allow actions to provide added value to their

realizan mayor inversión en fertilización, no obstante, los costos de producción pueden variar de una región a otra, e incluso entre los mismos productores de una misma región; sin embargo, es muy difícil estimar estos costos, debido a que la mayoría de los productores minifundistas y pequeños productores no registran los gastos efectuados en sus agroecosistemas cafetaleros. En este caso, los cafetaleros pequeños, es decir los que cuentan con menos de 10 hectáreas, reportaron ingresos capitalizables menores de \$30 000.00 pesos, comparado con \$110 000.00 pesos en adelante, obtenidos por grandes productores que poseían más de 20 ha cultivadas de este grano. Rizzo (2012) indica que solo a los grandes productores les alcanza su ingreso para capitalizar, contrario a los de subsistencia, quienes solo obtienen ingresos para apenas solventar sus necesidades básicas.

En cuanto al transporte de la cosecha, existen diferencias en él, por ejemplo, los grandes productores pagan camionetas o camiones de carga por transportar su producto para la venta, y otros, específicamente entre los pequeños productores, prefieren pagar "*transporte mular*", sin embargo, esta decisión depende de los recursos económicos del productor y de la cantidad del producto cosechado.

Con respecto al precio de venta, los productores cafetaleros encuestados vendieron el kilogramo de café cereza a \$5.26 en promedio; de acuerdo con sus palabras, no es difícil producirlo, lo más difícil es comercializarlo, debido a que regularmente dependen de un intermediario para ello. El precio al que vendieron su producto fue similar al de 2015 (\$5.20 por kilo) y 2016 (\$5.48 por kilo) a nivel nacional (CEDRSA, 2018; Carrero, 2022).

Asimismo, durante la cosecha se observaron variaciones en el precio del kilogramo de cereza que comienza y mejora hacia un precio máximo durante el punto más alto del "buen corte" en las tierras altas (donde se produce el mejor café). De acuerdo con precios históricos del café, después de la crisis de 1999-2004, los precios han mejorado, no obstante, la ICC (*International Coffee Council*) sigue reportando alta variabilidad en los precios debido al incremento de los insumos para su producción (Figuroa-Hernández et al., 2019), lo cual es concordante con lo mencionado por los productores, quienes se enfrentan a una fluctuación en los precios del aromático,

product for a good insertion in competitive, differentiated and international markets with fair and equitable prices.

Acknowledgment

To all coffee producers of the district 005 Fortín, Veracruz for the responses provided.

End of English version

References

- ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). (2019). Guía de variedades de café. Guatemala. <https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>
- Arriaga, O. J. L., Fabela, R. C., Gutiérrez, G. L., y Sotelo, C. N. (2021). El conocimiento tradicional como práctica erudita entre productores de café en Xico, Veracruz, México. *Antropología Cuadernos de Investigación*, 24, 114-130.
- Bedoya, C. M., y Salazar, M. R. (2014). Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8, 1433-1439. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5nspe8/2007-0934-remexca-5-spe8-1433.pdf>
- Bello-Baltazar, E., Soto Pinto, L., Huerta Palacios, G., y Gómez Ruiz, J. (2019). Caminar el cafetal: perspectivas socioambientales del café y su gente. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur, 798. <https://biblioteca.ecosur.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=000027758>
- Benítez-García, E., Jaramillo-Villanueva, J. L., Escobedo-Garrido, S., y Mora-Flores, S. (2015). Caracterización de la producción y del comercio de café en el municipio de Cuetzalan, Puebla. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(2), 181-198. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360540278004>
- Carrero, C. J. S. (2022). Diagnóstico de la situación actual y perspectivas al mercado internacional del café en el departamento de Cundinamarca. Tesis en la Universidad Antonio Nariño Programa Comercio Internacional Facultad de Ciencias económicas y administrativas Bogotá, Colombia.

situación que les permite el acceso a los mercados, aumentar su índice tecnológico, recibir asesoría técnica, contar con mano de obra suficiente, aumentar sus rendimientos y prevenir el ataque de plagas y enfermedades, que en conjunto les conduce a obtener bajos ingresos (Martínez-López et al., 2019).

Asimismo, la forma en que venden su café podría ser un factor determinante para la obtención de ingresos, por lo que, una estrategia para mejorar el precio de venta es trabajar de forma organizada en cooperativas y proporcionarle un valor agregado (González et al., 2019), situación que les permitiría la oportunidad de obtener un mejor precio al extender sus nichos de mercado (Laínez-Loyo et al., 2020).

Con base en lo anterior, se plantea que un manejo adecuado de los agroecosistemas cafetaleros es fundamental para obtener un café de calidad. Las principales prácticas oportunas que deben realizarse en ellos son: deshierbe, poda, prácticas de conservación de suelo, fertilización, replantes, regulación de sombra, control de plagas y enfermedades, cosecha y proceso de beneficiado (Regalado, 2006). Asimismo, deben considerarse otras variables como la densidad y edad de los cafetales, condiciones agroclimáticas y el manejo agronómico; también, es importante conocer el grado de tecnología que tiene un productor, de tal modo que se apliquen estrategias particulares, que aplicadas conjuntamente puedan mejorar el ingreso y la capacidad productiva del productor cafetalero (Bedoya y Salazar, 2014; Villegas, 2022).

Conclusiones

Los productores de café del estado de Veracruz, México, han realizado cambios sustanciales en las prácticas culturales de sus agroecosistemas cafetaleros con el objetivo de mejorar su producción. Estos cambios se han originado por la precaria situación en que se encuentra el sistema productivo de café. Situación que orienta a los productores a buscar nuevas estrategias de sobrevivencia que incluyen prácticas sustentables y no sustentables para obtener mayores rendimientos.

Entre algunos de los principales problemas que se presentan en estos agroecosistemas, se encuentra el aumento de plagas y enfermedades, situación que influye en bajos rendimientos y en mala calidad del café, lo cual afecta sus ingresos debido al precio bajo

- Disponible en <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/6501>
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable y la Soberanía Alimentaria). (2018). Reporte. El café en México. Diagnóstico y perspectiva. Disponible en <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/30El%20café%20en%20México:%20diagnóstico%20y%20perspectiva.pdf> Fecha de consulta 12 de mayo del 2020
- Celis, C. F. (2016). El café en Colombia y México. La Jornada Baja California. Disponible en <http://jornadabc.mx/tijuana/22-02-2016/el-cafe-en-colombia-y-mexico>.
- CICAFAE (Centro de Investigaciones en Café). (2011). Guía Técnica para el Cultivo del Café. Disponible en <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/icafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>.
- Contreras-Medina, D. I., Sánchez-Osorio, E., Olvera-Vargas, L. A., y Romero-Romero, Y. (2019). Technology roadmapping architecture based on knowledge management: Case study for improved indigenous coffee production from Guerrero, Mexico. *Journal of Sensors*, Volume 2019, Article ID 5860905, <https://doi.org/10.1155/2019/5860905>.
- Cordes, K. Y., Sagan, M., y Kennedy, S. (2021). Responsible Coffee Sourcing: Towards a Living Income for Producers. Available at SSRN 3894124, Columbia Center on Sustainable Investment Staff Publications Columbia Center on Sustainable Investment. Disponible en https://scholarship.law.columbia.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1198&context=sustainable_investment_staffpubs
- Cruz, P. V., y Martínez, D. J. P. (2023). El agroecosistema como sistema social. *Interciencia*, 48(2): 102-108.
- Del Ángel-Ocampo M., Martínez-Dávila, J. P., López-Romero, G., y Cruz-Hernández, J. (2021). Estrategia piloto de transferencia tecnológica de lixiviado para higo en Ixehuaco, Xochiapulco, Puebla, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(2021), 1-13. Doi de <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3336>
- Fernández, C. Y., Sotto, R. K. D., y Vargas, M. L. A. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Revista Producción+Limpia*, 15(1), 93-110.
- Figueroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F., Godínez-Montoya, L., y Pérez-Figueroa, R. A. (2019). Los precios de café en la producción y las

en que venden su producto.

Ante este panorama, es necesario encaminar esfuerzos a través de estrategias que involucren asesorías y capacitaciones para los productores que promuevan las buenas prácticas productivas, así como, la importancia de la organización a través de asociaciones y cooperativas que permitan acciones para proporcionar valor agregado a su producto para una buena inserción en los mercados competitivos, diferenciados e internacionales con precios justos y equitativos.

Agradecimientos

A todos los productores cafetaleros del Distrito 005 Fortín, Veracruz por las respuestas brindadas.

Fin de la versión en español

- exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época* 14 (1): 41-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.21919/remef.v14i1.358>
- Fonseca, F., Nello, T., Raes, L., Sanchún, A., Saborío, J., y Chacón, O. (2018). Renovación de cafetales. Guía técnica para la restauración en El Salvador, 2. San José, Costa Rica: UICN-ORMACC. xii, 28 p. Disponible en https://www.academia.edu/36877728/Gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_para_la_restauraci%C3%B3n_en_El_Salvador_Renovaci%C3%B3n_de_cafetales
- García, A. M. E., Díaz, Z. G. O., Castañeda, H. E., Lozano, T. S., y Pérez, L. M. I. (2017). Caracterización del agroecosistema de café bajo sombra en la Cuenca del Río Copalita. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 40, 635-648. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/141/14152127011.pdf>
- García, S. R., y Tablada, N. M. E. (2019). Comercio justo y empoderamiento de pequeños cafecultores del centro de Veracruz. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 16, 477-495. DOI: <https://doi.org/10.22231/asyd.v16i4.1282>
- Gasparín-García, E., Platas-Rosado, D. E., Zetina-Córdoba, P., Vilaboa-Arroniz, J., y Marcos-Dávila, F. (2023). Calidad de vida de los cafecultores en las Altas Montañas de Veracruz, México. *Agrono-*

- mía Mesoamericana, 34 (1), 1-14. Doi <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50163>
- Gobierno del Estado de Veracruz. (2019). Plan Veracruzano de Desarrollo (PVD) 2019–2024. Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. <https://goo.su/KaZx0j0>
- Gómez, G. (2010). Cultivo y beneficio del café. *Revista de Geografía Agrícola. Estudios regionales de la agricultura mexicana*, 45, 103-193. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/757/75726134008.pdf>
- González, R. F. J., Sangerman-Jarquín, D. M., Rebollar, R. S., Omaña, S. J. M., Hernández, M. J., y Morales, H. J. L. (2019). El proceso de comercialización del café en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6), 1195-1206. DOI:<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.2057>.
- Henderson, P. T. (2019). La roya y el futuro del café en Chiapas. *Revista Mexicana de Sociología* 81(2), 389-416. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/rms/v81n2/2594-0651-rms-81-02-389.pdf>
- ICO (International Coffee Organization). (2018). Coeficientes de conversión del café. <http://www.ico.org>.
- ICO (International Coffee Organization). (2021). The future of coffee. Investing in youth for a resilient and sustainable coffee sector. https://www.internationalcoffeecouncil.com/_files/ugd/0dd08e_b2c2768ae87045e383962ce14ef44925.pdf
- Jiménez-Barrera Y. (2018). Aproximación crítica a las principales teorías sobre el cambio tecnológico. *Revista Problemas del Desarrollo* 193(49), 171-192 <https://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v49n193/0301-7036-prode-49-193-171.pdf>
- Julca-Otiniano, A., Alarcón-Águila, G., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., y Castro-Cepero, V. (2018). Comportamiento de tres cultivares de café (Catimor, Colombia y Costa Rica 95) en el Valle de El Perené, Junín, Perú. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 34 (3), 205-215. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071938902018000300205
- Láinez-Loyo, E., Olvera-Hernández, J. I., Guerrero-Rodríguez, J. D., Aceves-Ruiz, E., Álvarez-Calderón, N. M., y Andrade-Navia, J. M. (2020). Producción y comercialización del mamey Alpoeyca, Guerrero: opinión de productores. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 635-647. Doi <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2086>
- López-García, F. J., Escamilla-Prado, E., Zamarripa-Colmenero, A., y Cruz-Castillo, G. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.) en Veracruz, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3), 297-304. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61046936015>
- Luhmann N., J. (2006). *La Sociedad de la Sociedad*. Editorial Herder - UIA A.C. Primera Edición en español, México D.F. 955 p.
- Márquez de la Cruz, J. E., Rodríguez, M. M. de las N., García, J. L., Sánchez E. J., y Tinoco R. J. Á. (2022). Impacto del manejo de agroecosistemas cafetaleros en la calidad del suelo en las cuatro estaciones del año en Tlapacoyan, Veracruz. *CIENCIA ergo-sum*, 29 (2), 1-12. <http://doi.org/10.30878/ces.v29n2a8>
- Martínez, R. E., López, G. M. G., Ormeño, O. E., y Morales, C. (2015). Manual teórico-práctico: Los biofertilizantes y su uso en la agricultura. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/257227036/Manual-Teorico-practico-Biofertilizantes>.
- Martínez-López, A., Cruz-León, A., Sangerman-Jarquín, D. M., Díaz-Cárdenas, S., Cervantes, H. J., y Ramírez, V. B. (2019). El estudio de los saberes agrícolas como alternativa para el desarrollo de las comunidades cafetaleras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (7), 1616-1626. Doi <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.2113>
- Medina, I. O., Ccoycca, E. P. R., Murga, E. Q., Villalobos, A. C., Marmolejo G, D., y Marmolejo G. K. J. (2020). Selección, identificación y zonificación de café (*Coffea arabica* L.) por su adaptabilidad, rendimiento, calidad sensorial y resistencia a plagas y enfermedades. *Agroindustrial Science*, 10(3), 249 – 257. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085662>
- Medina-Meléndez, J. A., Ruiz-Nájera, R. E., Gómez-Castañeda, J. C., Sánchez-Yáñez, J. M., Gómez-Alfaro, G., y Pinto-Molina, O. (2016). Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. *CienciaUAT*, 10(2), 33-43. Doi <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v10i2.550>
- Milla, P. M. E., Oliva, C. S. M., Leyva, E. S.T., Collazos, S. R., Gamarra, T. O. A., Barrena, G. M. A., y Maicelo, Q. J. L. (2019). Características morfológicas de varie-

- dades de café cultivadas en condiciones de sombra. *Acta Agronómica*, 68 (4), 271-277. Doi <https://doi.org/10.15446/acag.v68n4.70496>
- Morales-De Casas, M. S., y Márquez-Linares, M. A. (2020). Percepción de los asesores técnicos en torno a las implicaciones del TLCAN en la producción de frijol de temporal en la Región de los Llanos, Durango. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(55), 1-23. Doi <https://doi.org/10.24836/es.v30i55.880>
- Ocampo-Guzmán, M. G. (2020). Estrategias de adaptación de los pequeños productores de café ante las manifestaciones del cambio climático. El caso de Siltepec, Chiapas. Tesis en la Universidad Autónoma de Chiapas Facultad de Ciencias Sociales, C-III maestría en Desarrollo Local. Disponible en <http://www.repositorio.unach.mx:8080/jspui/handle/123456789/3428>
- Ocampo-López, O. L., Ovalle-Castiblanco, A. M., Arroyave-Díaz, A., Salazar-Ospina, K., Ramírez-Gómez, C. A., y Oliveros-Tascon, C. E. (2017). Nuevo método para la recolección selectiva de café. *Ingeniería, investigación y tecnología*, XVIII(2), 127-137. Doi: 10.22201/fi.25940732e.2017.18n2.011
- Olguín, J. E., Sánchez-Galván, G., y Mercado, V. G. (2011). La producción de café como amenaza a la biodiversidad. En: Angón, C. A. (Editor), *Contexto actual del estado y perspectivas de conservación de su biodiversidad. La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. pp. 541. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. Disponible en https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/165/1/963_2011-10326.pdf
- Pomachagua, V. Á. E., y Rojas A. A. E. (2019). Caracterización del proceso de transferencia y adopción tecnológica de pequeños y medianos productores de papa en el Distrito de Paucartambo, Región Pasco. Tesis en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Formación Profesional de Agronomía. Disponible en <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1743?locale=en>
- Red Comunitaria Vasconcelos. (2009). Manual por regiones, Distrito de Desarrollo Rural 05 Fortín, Veracruz, México. Departamento de Gestión Educativa. Xalapa, Veracruz, México. 1-54 pp. Disponible en <https://es.slideshare.net/horrippy/manual-ddr05-fortin>
- Regalado, O. A. (2006). ¿Qué es la calidad en el café? México: Universidad Autónoma de Chapingo. México, D.F. ISBN: 9688849286, 9789688849286. 312 p.
- Rizzo N. (2012). Un análisis sobre la reproducción social como proceso significativo y como proceso desigual. *Sociológica*, 27, 281-297.
- Rosales, M. V., Francisco, R. A., Casanova, P. L., Fraire, C. S., Flota, B. C., y Galicia, G. F. (2020). Percepción de citricultores ante el efecto del cambio climático en Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(4), 727-740. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.1898>
- Rosales-Martínez, V., Martínez-Dávila, J. P., Osorio-Acosta, F., López-Romero, G., Asiaín-Hoyos, A., y Estrella-Chulim, N. (2018). Aspectos culturales, sociales y productivos para una tipología de cafecultores. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 47-61. DOI: <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i1.748>
- Rosales-Martínez, V., Martínez-Dávila, J. P., Platas-Rosado, D. E., Rosendo-Ponce, A., y Córdoba-Ávila, V. (2014). Cambio tecnológico en los agroecosistemas por migración familiar: el caso del municipio de Jamapa, Veracruz. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(1), 1-8. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358633237001>
- Rosales-Martínez, V., y Casanova-Pérez, L. (2021). Technology transfer in agriculture: the Mexican experience. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(2021), 1-13. Disponible en <https://www.revista.ccbauady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3627/1685>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2017). Obtenido de http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_00264_03.asp
- Scheaffer, L. R.; Mendenhall, W., y Ott, L. (1987). *Elementos de muestreo*. México: Ibero América.
- Sinu, P. A., Viswan, G., Fahira, P. P., Rajesh, T. P., Manoj, K., Haraveendra, M., y José, T. (2021). Shade tree diversity may not drive prey-predator interaction in coffee

- agroforests of the Western Ghats biodiversity hotspot, India. *Biological Control*, 160, 104674.
- Sotomayor, O., Ramírez E., y Martínez H. (2021). Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina. CEPAL: Santiago de Chile <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/787ce64b-7f95-4a27-aad9-0a3dc9a3bb70/content>
- STATSOFT, INC. (2007). *Statistica (data analysis software system)*, versión 7.0. [www. Statsoft.com](http://www.Statsoft.com).
- Terán-Ramírez, M. A., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-del Valle, J. R., y Velasco-Velasco, V. A. (2018). Biomasa aérea y ecuaciones alométricas en un cafetal en la Sierra Norte de Oaxaca. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 217-226, DOI:10.19136/era.a5n14.1444
- Viales, L. G. (2014). Intoxicación por paraquat. *Medicina Legal de Costa Rica*, 31(2), 88-94. Disponible en https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-00152014000200009&script=sci_abstract&tlng=es
- Villegas, C. L. I. (2022). Evaluación del impacto de la aplicación de porcinaza en el suelo como fertilizante nitrogenado de cultivos de café. Tesis en la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química Manizales, Colombia. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80474>
- Yosa, M. C., y Regalado, J. G. (2022). Análisis de la competitividad de las exportaciones de café de Ecuador versus Colombia y Brasil hacia el mercado de USA. *X-Pedientes Económicos*, 5 (12), 65-80. Disponible en https://ojs.super-cias.gob.ec/index.php/X-pedientes_Economicos/article/view/63