

LA CAFETICULTURA TRADICIONAL FRENTE A LA ROYA ANARANJADA: EL CASO DE LA REGIÓN TIERRADENTRO, CAUCA, COLOMBIA

TRADITIONAL COFFEE FARMING FACING ORANGE RUST DISEASE: THE CASE OF TIERRADENTRO REGION, CAUCA, COLOMBIA

Anabel **Martínez-López**¹, Gustavo Adolfo **Alegría-Fernández**², Gersain **Medina-Yara**³, Benigno **Rodríguez-Padrón**^{4*}

¹Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM), Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 56230, México. ²Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Carretera 1061 N14, Popayán, Colombia. ³Asociación Campesina de Inzá Tierradentro (ACIT), Inzá, Cauca, Colombia. ⁴Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 56230, México. (beroopadron_67@hotmail.com).

RESUMEN

El grado de tecnificación y las condiciones de producción del cultivo de café (*Coffea arabica*) en los países productores difieren unas de otras; pero comparten los bajos precios del grano en el mercado como problema en particular. Las mermas en la producción agravan las pérdidas, porque la roya del café es la enfermedad de mayor importancia económica. El objetivo de este estudio fue examinar el manejo tradicional del cultivo de café respecto al control de la roya en las pequeñas unidades de producción en la región Tierradentro, departamento del Cauca, Colombia, e identificar las problemáticas principales para diseñar líneas de acción para solventarlas. La metodología consistió en la selección de unidades de producción por medio de un muestreo intencional o de conveniencia, con aplicación de entrevistas semiestructuradas y el análisis de la información se realizó con estadística descriptiva. Los resultados obtenidos indicaron que los productores continúan con el sistema de producción tradicional e incorporan prácticas agronómicas para incrementar el rendimiento y mejorar la calidad del grano. Por ejemplo, la renovación con variedades resistentes a la roya, aplicación de fertilizantes, análisis de suelos, plantación en sombra y limpieza del cafetal. El problema principal identificado fue el costo alto de los insumos y los precios bajos del café en el mercado. Por lo tanto, se concluye que el cultivo tradicional del café en conjunción con la adopción de otras prácticas agrícolas logró modificar la jerarquía de los problemas al enfrentar la importancia de la roya, debido a que permitió controlar la incidencia de la enfermedad en los cafetales.

ABSTRACT

The degree of technification and the conditions for the production of coffee (*Coffea arabica*) in producing countries differ from one to another, although they share low prices for the grain in the market as a particular problem. The decrease in production aggravates losses, since coffee rust is the disease with the greatest economic importance. The aim of this study was to examine the traditional management of the coffee crop regarding the control of rust in small production units in the region of Tierradentro, department of Cauca, Colombia, as well as to identify the main problems in the design of lines of action to solve them. The methodology consisted in selecting production units, using an intentional or convenience collection of samples, with the application of semi-structured interviews, and the information was analyzed using descriptive statistics. The results obtained indicated that farmers continue using the traditional farming system and incorporate agronomic practices to increase yields and improve grain quality. Such practices include renovation of the coffee plantation with rust-resistant varieties, the use of fertilizers, soil analysis, planting under shade and cleaning the plantation. The main problem identified was the high cost of inputs and the low prices of coffee in the market. We therefore conclude that the traditional coffee plantation methods, along with the adoption of others agricultural practices, helped to modify the hierarchy of the problems by facing the importance of rust, since it allowed to control the incidence of the disease in the coffee plantations.

Key words: traditional coffee plantation, *Coffea arabica*, small-scale production units, orange rust, *Hemileia vastatrix*, traditional agricultural practices.

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5594-6272>.

Recibido: septiembre, 2020. Aprobado: julio, 2021.

Publicado en *Agrociencia* 55: 451-469. 2021.

Palabras clave: cultivo tradicional de café, *Coffea arabica*, pequeñas unidades de producción, roya anaranjada, *Hemileia vastatrix*, prácticas agrícolas tradicionales.

INTRODUCCIÓN

La epidemia de roya del café, enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, ha sido motivo de preocupación constante para los colombianos. Desde su aparición en Brasil en 1970, Colombia tomó una serie de acciones encaminadas a afrontar la llegada del patógeno. En principio se orientó al desarrollo científico a través del Centro Nacional de Investigaciones en Café (CENICAFÉ) y a la preparación constante de los productores para reconocer este patógeno en el campo. Asimismo, se entregó una variedad resistente nueva, llamada Colombia, junto con un paquete tecnológico basado en fungicidas para su control (Buriticá, 2010). Sin embargo, hoy se sabe que el hongo superó la resistencia de las variedades consideradas genéticamente resistentes, lo cual mantiene constante la problemática de mermas en el rendimiento (Renard y Larroa, 2017).

De acuerdo con Buriticá (2010), *Hemileia vastatrix* es uno de los patógenos más investigados por la ciencia agronómica. Sin embargo, a pesar de la lucha contra esta enfermedad no se ha podido erradicar en los países productores. Por lo tanto, aún quedan vacíos de conocimiento para comprender su comportamiento en el ambiente colombiano. Ya que el café es una planta de naturaleza tropical, es necesario realizar investigaciones *in situ* en los países donde se cultiva, por lo cual esta investigación se llevó a cabo con traslados al territorio Caucaño. A pesar de que en Colombia ya se cuenta con material genético resistente, con buena productividad y calidad del grano; todavía tres cuartas partes del área sembrada con café tiene variedades susceptibles expuestas al patógeno causante de la roya. La severidad del ataque depende de las condiciones ambientales, del manejo agronómico del cultivo y una epidemia severa puede afectar la producción de manera importante (Rivillas *et al.*, 2011).

Ante este escenario se optó por un control basado en el manejo tradicional de los cafetales aunado al estudio del ciclo biológico del hongo para la interrupción oportuna de su ciclo de vida. El fin es evitar porcentajes de infección altos; llegar a lograr una convivencia con el hongo, sin que existan mermas importantes en la producción. Al respecto, Castillo-

INTRODUCTION

The epidemic of coffee rust, a disease caused by the fungus *Hemileia vastatrix*, has been a constant concern for Colombians. Since its appearance in Brazil in 1970, Colombia took a series of actions to face the arrival of the pathogen. It initially targeted scientific development via the National Coffee Research Center (Centro Nacional de Investigaciones en Café - CENICAFÉ) and the constant training of farmers to recognize this pathogen in the field. Likewise, a new and resistant variety was delivered, called Colombia, along with a fungicide-based technology package for its control (Buriticá, 2010). However, it is a well-known fact that the fungus overcame the resistance of varieties considered genetically resistant, which keeps yield reductions as a constant problem (Renard and Larroa, 2017).

According to Buriticá (2010), *Hemileia vastatrix* is one of the most widely researched pathogens in agricultural science. However, despite the struggle against this disease, it is not eradicated yet in coffee producing countries. Therefore, gaps in knowledge still exist to understand its behavior in the Colombian environment. Because the coffee plant is tropical in nature, research must be carried out *in situ* in the countries where it is produced, which is why this investigation was carried out with trips to Cauca. Although Colombia already has resistant genetic material, with good productivity and grain quality, three quarters of the coffee-producing areas have susceptible varieties exposed to the pathogen that causes rust. Severity of the attack depends on the environmental conditions, agronomic management, and a severe epidemic may seriously affect production (Rivillas *et al.*, 2011).

Considering this scenario, a control based on traditional management of coffee plantations is used, along with the study of the biological cycle of the fungus for the opportune interruption of its life cycle. The goal is to avoid high infection rates, to coexist with the fungus without this leading to important reductions in production. In this regard, Castillo-Ponce (2013) carried out studies in coffee-growing areas in Mexico and proved that, with an accurate and strict management schedule, pathogenic reproduction rates can be reduced.

Traditional knowledge is the “know-how” of an adequate agricultural management, since it

Ponce (2013) realizó estudios en zonas cafetaleras de México y aportó evidencia de que con un calendario preciso de manejo estricto, se pudo disminuir el nivel de reproducción del patógeno.

El conocimiento tradicional se conceptualiza como el “saber hacer” un manejo agronómico adecuado, al considerar las condiciones climáticas y ambientales de las zonas manejadas. Este conocimiento forma parte de la cosmovisión de los productores dentro de su núcleo poblacional. Y también es importante la labor de los técnicos capacitados en el tema, quienes aportan conocimiento reciente en el desarrollo de tecnologías alternativas para la mitigación de los daños causados por el hongo de la roya (Martínez-López *et al.*, 2019).

Dicho personal técnico está presente en la región Tierradentro a través de la Asociación Campesina de Inzá Tierradentro (ACIT). Ésta es una organización sin fines de lucro que ha trabajado muchos años de la mano con los campesinos para lograr mejoras en los sistemas de producción agrícola e integración con otras actividades para la generación de alimentos. La asociación tiene presencia en cinco zonas del municipio de Inzá con un equipo de extensionistas preparados para brindar orientación a los productores en cada actividad. El ámbito geográfico de la organización abarca las áreas: zona Occidente, zona Turminá, zona San José, zona Pedregal y el Parque Arqueológico de San Andrés (ACIT, 2004).

Con el apoyo de ACIT y la premisa de que los productores poseen conocimiento tradicional que aplican a través de prácticas agrícolas propias en el cultivo, como cuidado del suelo, limpieza del cafetal e incorporación de sombra; aun en las variedades tradicionales se puede mitigar los daños causados por la roya del café. El objetivo de este estudio fue examinar el manejo tradicional del cultivo de café relativo al control de la roya en las pequeñas unidades de producción en la región Tierradentro, departamento del Cauca, Colombia, e identificar sus problemas principales para proponer líneas de acción para resolverlos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La organización agraria de la República de Colombia está dividida en 32 departamentos, los cuales se dividen en municipios. Los municipios están conformados por veredas y en éstas confluyen los resguardos ocupados por indígenas y los campesinos cuya propiedad es privada. En este contexto, la región de Tierradentro

considers weather and environmental conditions of the managed areas. This knowledge is part of the cosmovision of the farmers in their population nucleus. The work of technicians trained on the topic is also important, since they provide recent knowledge on the development of alternative technologies to mitigate damages caused by the rust fungus (Martínez-López *et al.*, 2019).

This technical staff participate in the Tierradentro region, via the Inzá Tierradentro Farmers Association (ACIT). This is a non-profit organization that has worked for many years hand-in-hand with farmers to achieve improvements in agricultural farming systems, integrating other activities for food production. The association is present in five areas of the municipal area of Inzá, with a team of extension agents, trained to provide guidance to farmers in each activity. The geographic scope of the organization covers the areas of Occidente, Turminá, San José, Pedregal and the San Andrés Archaeological Park (ACIT, 2004).

With the support of the ACIT and the premise that farmers have traditional knowledge that they apply as agricultural practices typical for the crop, such as soil conservation, cleaning coffee plantation and the use of shade-trees, even in those common varieties, damages caused by coffee rust can be reduced. The aim of this study was to examine the traditional management of coffee plantations regarding the control of rust in small-scale production units in the Tierradentro region, department of Cauca, Colombia, and to identify their main problems in order to propose lines of action towards problems solutions.

MATERIALS AND METHODS

The agrarian organization of the Republic of Colombia is divided into 32 departments, which are divided into municipal areas. These are composed of “veredas” (counties) in which there is a convergence of lands occupied by indigenous people and farmers, whose land tenure is private. In this context, the region of Tierradentro is composed of two municipal areas, Inzá and Páez. The territory is located in southwestern Colombia, on the eastern slope of the Central Andes Range and it belongs to the Magdalena River basin.

The basin has an extension of approximately 6000 km² delimited in the north by the Nevado del Huila volcano, which has a height of 5756 m; in the west, by the edges of

está conformada por dos municipios, Inzá y Páez. El territorio está ubicado en el sur occidente de Colombia, en la vertiente oriental de la Cordillera Central de los Andes y pertenece a la cuenca hidrográfica del río Magdalena.

La cuenca tiene una extensión aproximada de 6000 km² delimitados al norte por el nevado del Huila, altitud 5756 m; al occidente por los filos de la Cordillera Central, Moras, Las Delicias y Guanacas; al sur y al oriente por el límite departamental del Huila (Puerta, 1987). El parteaguas del polígono triangular es el nevado del Huila (Figura 1). Tierradentro es una región accidentada y compleja, caracterizada por profundas depresiones geográficas. Debido a sus dimensiones y a su ubicación geográfica, presenta una gran variedad de climas, desde el templado frío hasta llegar al páramo. Las temperaturas y los niveles de precipitación varían según la altitud y la época del año (Márquez-Díaz, 2009).

El estudio se realizó con el enfoque cualitativo (Hernández *et al.*, 2010). De acuerdo con este método, la recolección de datos derivó de fuentes de información diversas (Figura 2). La observación participante se utiliza para identificar conflictos en la comunidad al evaluar necesidades y problemas. Así como determinar los medios para involucrar a las personas en la solución de las necesidades principales identificadas (Santoyo *et al.*, 2002).

El análisis de esta información cualitativa se realizó a través de jerarquización con tablas dinámicas en Excel[®] durante 2018. Para la selección de la muestra de productores de café, se usó la técnica de muestreo intencional o por conveniencia. Debido a que el estudio se enfocó en la producción de café con manejo tradicional, los productores elegidos cumplían con las características siguientes: tener al café como cultivo principal, realizar prácticas agrícolas tradicionales y no poseer más de cinco hectáreas.

La técnica de muestreo por conveniencia permite elegir personas informantes con las características deseadas según el objetivo de la investigación (Santoyo *et al.*, 2002); en nuestro

the Central Andes, Moras, Las Delicias and Guanacas; to the south and west, by the departmental limits of Huila (Puerta, 1987). The watershed of the triangular polygon is the Nevado del Huila (Figure 1). Tierradentro is an uneven and complex region, characterized by deep geographic depressions. Due to its dimensions and geographic location, it has a wide variety of climates, from temperate cold to the moors. Temperatures and rainfall levels vary depending on the altitude and time of the year (Márquez-Díaz, 2009).

The study was carried out using a qualitative approach (Hernández *et al.*, 2010). According to this method, the collection of data came from diverse information sources (Figure 2). Participant observation was used to identify conflicts in the community by evaluating needs and problems, as well as to determine those methods to get people involved in the solutions to the main needs identified (Santoyo *et al.*, 2002).

The analysis of this qualitative information was carried out by hierarchical organization of data using Excel[®] pivot tables in 2018. To select the sample of coffee producers, an intentional or convenience sampling method was used. Since the study was focused on traditionally managed coffee production, the farmers selected had the following characteristics: coffee was their main crop, they carried out traditional agricultural practices and to be owners of no more than five hectares.

The convenience sampling method helps to select informers with the desired characteristics according to the aim of the research (Santoyo *et al.*, 2002); in our case, crop management to control coffee rust. Thirty two small-scale coffee farmers were selected, owners of lands with less than 5 ha of coffee plantations with Arabica and other varieties susceptible to orange rust. In the region, the coffee production system is diversified with other crops such as sugarcane and pitahaya (*Selenicereus megalanthus*); this was a common characteristic of all interviewees.

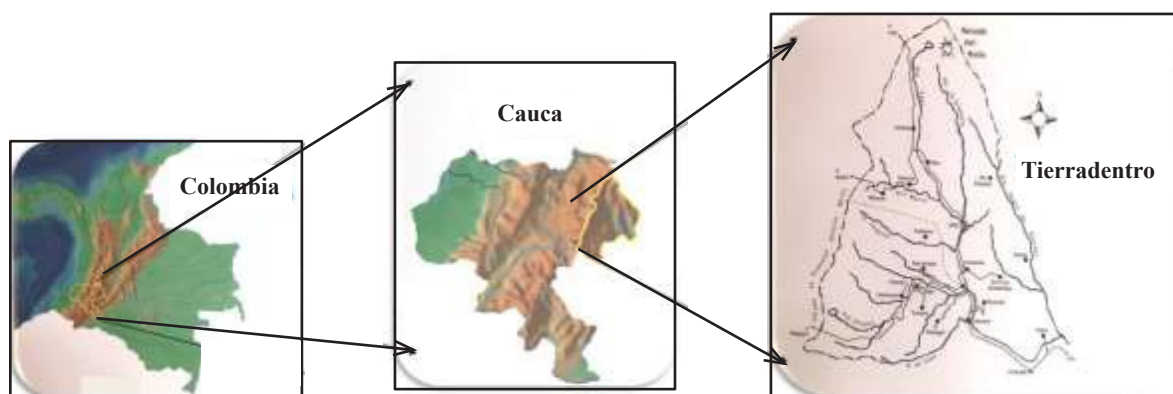


Figura 1. Localización de la región Tierradentro, Cauca, Colombia (CEMTUR, 2018).
Figure 1. Location of the Tierradentro region, Cauca, Colombia (CEMTUR, 2018).

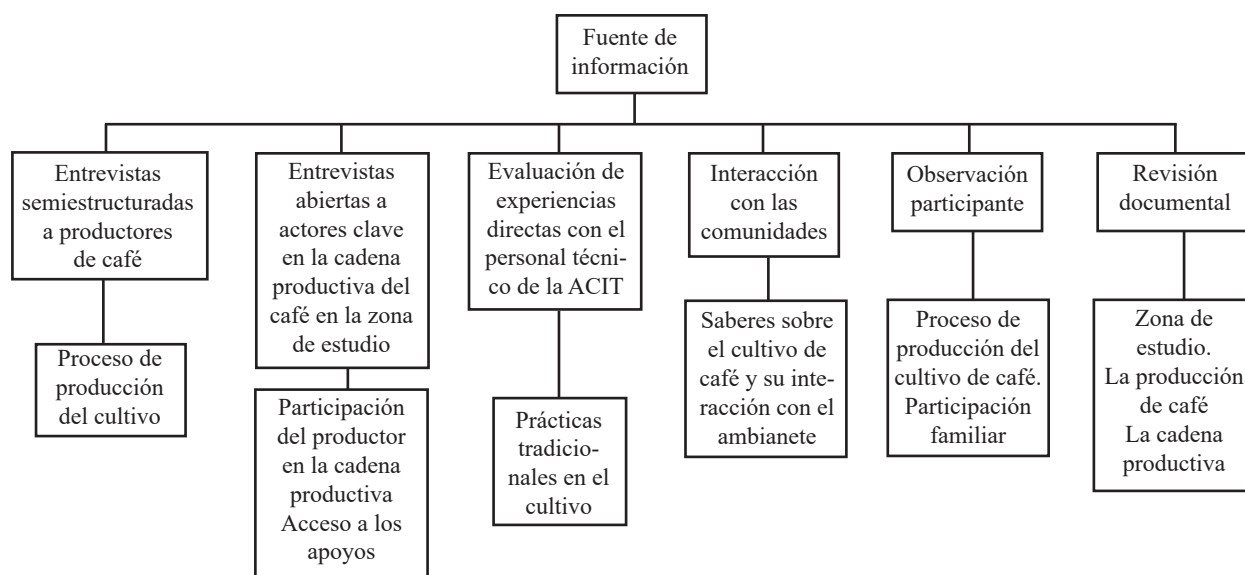


Figura 2. Fuentes principales de información para la investigación en campo.
Figure 2. Main sources of information for the field survey.

caso, el manejo del cultivo para combatir la roya del café. Treinta y dos pequeños productores de café convencional se eligieron, todos con menos de 5 ha plantadas con café arábigo y variedades susceptibles a la roya anaranjada. En la región, el sistema de producción del café se diversifica con otros cultivos como caña y pitahaya (*Selenicereus megalanthus*); ésta fue una característica común entre los entrevistados.

Las zonas de influencia de la ACIT seleccionadas en el marco del estudio regional fueron, zona Occidente, zona Turminá, zona San José y zona Pedregal, seleccionadas con base en su estructura productiva. Las entrevistas dirigidas se aplicaron con la visita a cada productor en su domicilio, además de realizar recorridos por las parcelas de café, con otros cultivos como la caña panelera y la pitahaya. La estructura de las entrevistas a productores fue la siguiente: I. Datos de la unidad de producción; II. Datos de la parcela de café; III. Saberes y prácticas agrícolas para el control de la roya.

También se seleccionaron cinco informantes clave con la metodología de bola de nieve (Santoyo *et al.*, 2002); se tomó en cuenta la participación en la cadena productiva del café, la experiencia y el tiempo de trabajo en la región. Así como la capacidad de gestión para lograr una integración entre los pequeños productores y los distintos eslabones de la cadena productiva. Un informante se eligió a nivel de producción primaria, otro a nivel de la transformación del grano, uno más a nivel de la comercialización, otro a nivel del sector social y por último, uno a nivel de desarrollo de innovaciones en la región. Las entrevistas abiertas a informantes clave se realizaron para complementar y

The areas of influence of the ACIT selected in the regional study framework were Occidente, Turminá, San José and Pedregal, which were selected based on their productive structure. The directed interviews were conducted with visits to each farmer in their households, as well as visits to all coffee plantations with other crops such as sugarcane and pitahaya. The structure of farmer interview was as follows: I. Data of the production unit; II. Data of the coffee plot; III. Agricultural knowledge and practices for rust control.

Five key informers were also selected using the snowball method (Santoyo *et al.*, 2002); their participation in the coffee production chain, experience and time they had worked in the region were also considered. Along with their management ability to bring together the small-scale farmers, and the different links of the production chain. One informer was selected on a primary production; another, for the stage of processing from berries transforming into beans; a third one, at the commercialization; another, from the social sector, and the last one, from the sector regarding innovation and development in the region. The open interviews to key informers were carried out to complement and understand how the activities are integrated into the chain, how farmers participate, the problems they face, and what progress has been made in terms of development for the small-scale production units.

A logbook journal was kept on a daily basis to record important elements and the meaning of the activities for the farmers on the crop, as well as to identify problems and solutions that farmers propose to improve their quality of life around

comprender cómo se integran las actividades en la cadena, cuál es la participación de los productores, los problemas que enfrentan, y cuáles son los avances en materia de desarrollo para las pequeñas unidades de producción.

Un diario de campo se redactó para registrar cada día los elementos importantes y el significado que las actividades en el cultivo tienen para los productores; así como para identificar los problemas y soluciones que los productores proponen para mejorar la calidad de vida en torno a la agricultura. La recopilación de material fotográfico fue útil para ilustrar la variedad amplia de productos agrícolas y pecuarios que se producen en la región. Y también para documentar la diversidad biológica, el efecto de la variedad de climas, y la flora y fauna endémicas de la región.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las unidades de producción campesina en Tierradentro

A partir de las entrevistas realizadas a los productores de café en la región, se determinó que los campesinos tienen una edad promedio de 53 años, escolaridad hasta quinto año de primaria y el 100% pertenece al campesinado. El rezago educativo es una condición inminente en la mayor parte de las regiones productoras de café, con ello se relaciona el círculo de pobreza del cual no han logrado salir. En un estudio realizado por Cardeña (2019) en una región cafetalera de Puebla, México estas proporciones resultaron similares, la autora realizó una correlación entre la edad y la escolaridad y resultó negativa. Lo cual significa que los productores con edad mayor tienen menos años de escolaridad; situación que predomina en las zonas rurales cafetaleras mexicanas, además de una condición de pobreza crónica en estos productores, agravada por la caída drástica de los precios del café desde 1989.

En Tierradentro, Colombia, las familias campesinas integran en promedio a cuatro personas, de las cuales, sólo dos participan en el cultivo del café. Esto evidencia poco interés de los integrantes por dedicarse a este cultivo, en especial los hijos jóvenes de los cafetaleros, quienes prefieren la búsqueda de ingresos en otros lugares y actividades, lo cual provoca desintegración familiar. Esta es una característica común en las zonas cafetaleras con marginación alta, Ortega y Ramírez (2013) al encontrar resultados similares en México, propusieron alternativas como el ofrecimiento de servicios a través del turismo rural,

agricultura. A compilation of photographs was useful to record the wide variety of agricultural and livestock products of the region, as well as to document the biological diversity, the effect of the variety of climates, and the flora and fauna endemic to the region.

RESULTS AND DISCUSSION

Characterization of the small-scale farming production units in Tierradentro

Using the interviews conducted on the coffee farmers in the region it was determined that the average age of the farmers is 53, their average education up to 5th year of elementary school, and the 100% are peasants (low-income landowners and producers). Incomplete formal education is an imminent condition in most coffee-producing regions, which relates to the circle of poverty that still prevails among them. In a study by Cardeña (2019), in a coffee-producing region of Puebla, Mexico, these proportions were similar; the author correlated age and education and it resulted in negative trend, meaning that older farmers have lower education levels. This situation predominates in the rural coffee-growing areas of Mexico, along with a condition of chronic poverty in these farmers, aggravated by the drastic fall in coffee prices since 1989.

In Tierradentro, Colombia, the families of the farmers are constituted of four people on average, out of which only two participate in coffee cultivation. This shows the little interest of some family members towards this crop, particularly the young adults in the offspring of coffee farmers, who prefer to search for income in other places and other activities, leading families to separate. This is a common socioeconomic feature in highly marginalized coffee-producing areas. Ortega and Ramírez (2013) found similar results in Mexico and proposed alternatives such as providing rural tourism services, requesting payments for providing environmental services, and organizational experiences surrounding coffee with the Rainforest Alliance.

The Colombian government has promoted the “Escuela y café” (School and Coffee) program as a strategy to promote coffee production among the children of farmers⁵. In Mexico there is the proposal of implementing this model in coffee-producing areas in order to promote family union, reduce migration

el desarrollo de pago por prestación de servicios ambientales y experiencias organizativas en torno al café con Rainforest Alliance.

El gobierno colombiano ha impulsado el programa “Escuela y café”, como estrategia para infundir la apropiación del cultivo de café a los hijos de productores⁵. En México existe la propuesta de implementar este modelo en las zonas cafetaleras, con el fin de promover la unión familiar, disminuir la migración de los jóvenes y aumentar la participación de los integrantes de las familias en el cultivo (IICA, 2018).

Los cafeticultores realizan la contratación de cinco trabajadores en promedio para la recolección del café. Sin embargo, no todos los productores tienen la posibilidad de cubrir estos gastos durante la cosecha. Esto ocasionalmente conlleva pérdidas por sobre maduración del fruto que no se alcanza a recolectar a tiempo. Además de la falta de solvencia para cubrir los salarios, Alviar y García (2020) afirmaron que existen otros factores que dificultan el empleo de mano de obra, entre ellos demanda de un gran esfuerzo físico con remuneración baja, falta de garantías laborales y rotación frecuente, pues los trabajadores declinan con facilidad si encuentran ofertas laborales más atractivas. En Tierradentro, el 42% de los entrevistados realiza actividades económicas adicionales a la producción de café para generar ingresos; entre estas están: la ganadería, la apertura de pequeñas tiendas de abarrotes y la cría de carpa roja (*Ciprínus carpio*) o mojarra (*Oreochromis mossambicus*). Más de la mitad de los entrevistados también se dedica a la cría de especies pecuarias menores, gallinas, pavos, conejos, cuyos, cerdos y ovejas (Figura 3).

in youngsters and increase the participation of family members in coffee cultivation (IICA, 2018).

Coffee farmers hire an average of five workers to harvest the coffee. However, not all farmers can afford this expense during harvest. This often leads to losses of the fruit that, due to overripening, is not picked in a timely manner. In addition to the inability to pay these wages, Alviar and García (2020) claimed that other factors also make hiring labor force difficult, including the demand of arduous physical effort with little payment, a lack of work rights and warrants and frequent laborers rotation, since workers decline easily if they find more attractive work offers. In Tierradentro, 42% of interviewees perform activities aside from producing coffee to increase income, including livestock, small grocery stores, and aquaculture, the breeding of red carp (*Ciprínus carpio*) or “mojarra” (*Oreochromis mossambicus*). Over half of the interviewees also breed minor livestock species such as chickens, turkeys, rabbits, pigs or sheep (Figure 3).

A large percentage of farmers also allocate resources to production of foods in family-owned orchards. Ninety percent of the coffee farmers interviewed have their own vegetable orchards. In this way, they ensure the consumption of healthy and innocuous vegetables, free of toxic products. Vegetable orchards are the result of farmer knowledge on the importance of health and environmental care, they acknowledge environment as their means of subsistence. Along with medicinal plants, families include vegetables in their small areas. This is a favorable aspect because, according to Piñeiro *et al.* (2015), the rust crisis

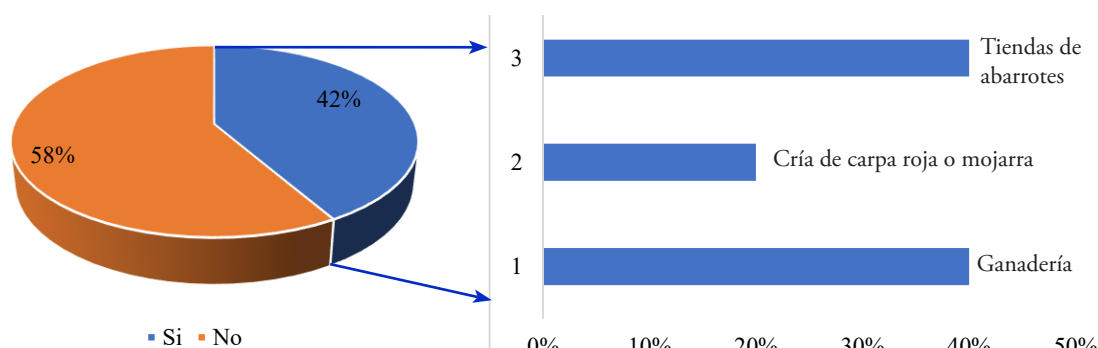


Figura 3. Actividades económicas complementarias al cultivo de café.
Figure 3. Economic activities complementary to coffee plantation.

⁵G. Medina, comunicación personal, junio 2018. Informante clave: desarrollo de innovaciones en la región.

Un porcentaje alto de los productores también dedica recursos a la producción de alimentos en huertos familiares. El 90% de los cafetaleros entrevistados tienen establecidos huertos con hortalizas; de esta manera se aseguran el consumo de vegetales sanos e inocuos, libres de productos químicos. Los huertos son el resultado de una conciencia plena de la importancia del cuidado de la salud y del ambiente, su medio de subsistencia. Además de plantas medicinales, las familias campesinas incluyen hortalizas en sus pequeñas superficies. Este resulta ser un aspecto favorable porque de acuerdo con Piñeiro *et al.* (2015) la crisis de la roya puso en riesgo la seguridad alimentaria de miles de familias entre los trabajadores agrícolas y pequeños productores.

Respecto a la organización para la producción de café, todos los entrevistados pertenecen a alguna organización o cooperativa de productores. Por medio de estas organizaciones se unen esfuerzos para aplicar tecnologías apropiadas y obtener capacitaciones. De acuerdo con lo referido por los informantes en las entrevistas, la organización hace posible que más del 90% de sus asociados reciban apoyos de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC). Las organizaciones a las cuales pertenecen los productores en orden de importancia son: FNC, Asociación de Productores de Café del Oriente Caucaño (ASORCAFÉ), Pazadentro, NESPRESSO/Nestlé, Asociación para el Desarrollo y Progreso de la Comunidad Yanacona (ASPROYAN) y Asociación Campesina de Inzá Tierradentro (ACIT); con porcentajes distintos de afiliación (Figura 4).

jeopardized food security for thousands of families of agricultural workers and small-scale farmers.

Regarding the organization for coffee production, all interviewees belong to a farmer organization or cooperative. With these organizations, they join efforts to apply appropriate technologies and get training. According to statements by informers in the interviews, organizations help over 90% of their associates to obtain funds from the Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC). The organizations in order of importance, to which farmers affiliate are: the –FNC, Asociación de Productores de Café del Oriente Caucaño (ASORCAFÉ), Pazadentro, NESPRESSO/Nestlé, Asociación para el Desarrollo y Progreso de la Comunidad Yanacona (ASPROYAN) y Asociación Campesina de Inzá Tierradentro (ACIT), with different affiliation percentages (Figure 4).

Participation of key social partners in the coffee production chain

The key social partners are people or entities with an important participation, that are in constant activity within the territory. In this case, both in Tierradentro where coffee is produced, as well as where coffee beans are processed and sold, and management occurs in every step of the coffee production chain.

The main problems as social partners perceive them are prices, the high investment required to produce this high quality coffee, and the low prices

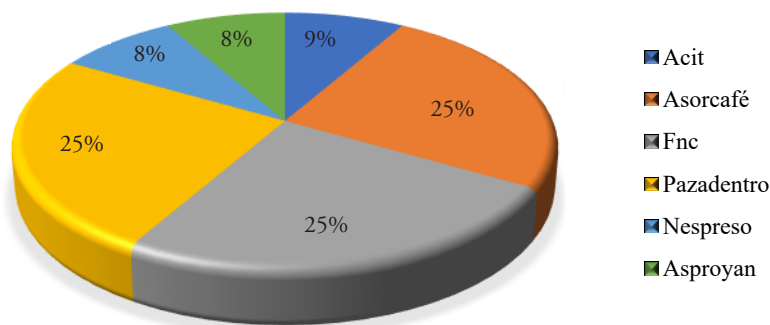


Figura 4. Afiliación (%) de los productores entrevistados a organizaciones y cooperativas.
Figure 4. Affiliation (%) of interviewed farmers to organizations and cooperatives.

Participación de actores clave en la cadena productiva del café

Los actores clave son personas físicas o morales que tienen una participación importante y están en actividad constante dentro del territorio, tanto en Tierradentro donde se produce el café, como donde se procesa y comercializa, y donde realice gestión en cada eslabón de la cadena productiva.

Los problemas principales desde la perspectiva de los actores clave son: los precios, la inversión alta requerida porque se produce café de calidad excelente, y los precios de venta bajos del producto final. La producción de café se realiza con un paquete tecnológico cuyo costo, en muchos casos, no puede ser cubierto por el productor y le obliga a buscar otras fuentes de ingresos que permita generar lo necesario para realizar la compra de insumos; por esas razones la producción de café se vuelve insostenible. Avelino *et al.* (2015) señalaron que las epidemias intensas ocurridas durante los 37 años más recientes en Centroamérica y Colombia coincidieron con periodos de rentabilidad baja del café y la caída de los precios del grano. En aquellas condiciones, tanto los aumentos en los costos de los insumos como la rentabilidad baja conllevaron a un manejo subóptimo del café, el cual lo hizo más vulnerable a plagas y enfermedades.

Los problemas ambientales estuvieron en segundo lugar. La cafeticultura en el país es muy intensiva y se realiza sin el manejo adecuado de los suelos, lo cual incrementa la erosión. Además, el sistema financiero respalda sólo a los proyectos para el establecimiento de cafetales sin sombra y se incrementa la superficie de cafetales a sol. Este tipo de manejo agrícola intenso conlleva el problema ambiental de la contaminación producida por agroquímicos y desechos generados por el beneficio del café (el proceso de despulpar la cereza para obtener el grano).

Un tercer problema que destacó es la comercialización del café a través de intermediarios, el comprador o “coyote” se queda con la mayor parte de los ingresos generados con la venta del grano. Así, comercializadores, beneficiadores y exportadores obtienen la mayor parte de los beneficios económicos. Aunque la zona es reconocida por producir café de muy buena calidad, el ingreso económico no mejora la calidad de vida de los productores. La cadena productiva del café también se puede interrumpir al no poder competir en el mercado por cantidad y calidad; así como

of the final product. Coffee is produced within a technological procedure whose cost in many cases cannot be covered by the farmers, forcing them to search for other sources of income to acquire the resources they need to purchase coffee production inputs and because of that, coffee production becomes unsustainable. Avelino *et al.* (2015) pointed out that the intense epidemics in the past 37 years in Central America and Colombia coincided with periods of low revenues from coffee and with the fall in the prices of the beans. In those conditions, either a rise in costs of inputs or low income revenues led to a suboptimal management of coffee, making it more vulnerable to pests and diseases.

The environmental problems were perceived in second place. Coffee production is very intensive in Colombia, and it is carried out without an adequate soil management, then increasing erosion. In addition, the financial system only supports projects for the establishment of coffee plantations without shade, thus the number of coffee plantations under direct sunlight increases. This type of intensive agricultural management leads to the problem of the environmental pollution caused by industrial agrochemicals and by the waste produced when coffee berry is processed (this process is called “beneficio”, and it refers to remove the pulp from the coffee berries in fermentation and washing tanks).

A third highlighted problem was the commercialization of coffee through middlemen. The middleman or “coyote” keeps most of the income produced with the sale of the coffee beans. In this way, marketers, coffee processing facilities and exporters obtain the largest part of the economic benefits. Although the area is known for producing high quality coffee, total income does not improve the quality of life for farmers. The productive chain of coffee can also be interrupted when it is unable to compete in the market for quality and quantity, or when it cannot comply with certain product conditions demanded by the client. Therefore, productivity must be increased without disregarding quality, since quality is key to becoming more competitive in the market (Sánchez-Hernández *et al.*, 2018).

Regarding the funds granted to achieve a greater chain integration, ASORCAFÉ as part of a commercial strategy, obtained resources from buyers to finance washing tanks, driers, machinery

al no cumplir con ciertas condiciones del producto exigido por el cliente. Por lo que se debe aumentar la productividad, pero sin reducir la calidad; pues la calidad del producto es la clave para tener competitividad en el mercado (Sánchez-Hernández *et al.*, 2018).

Respecto a los apoyos para lograr una integración mayor de la cadena, ASORCAFÉ por estrategia comercial consiguió recursos con compradores para financiar tanques tina, secadores, maquinaria y para otorgar microcréditos. Además, ASORCAFÉ cada año capacita a los productores a través de técnicos que se rigen por políticas distintas a las de la FNC, sobre todo en relación con la fertilización ecológica; la cual no afecta al ambiente y su costo es menor. Para el desarrollo de la cafecultura se suman los esfuerzos de la alcaldía del municipio de Inzá que aporta recursos para infraestructura y el Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia (SENA) contribuye con capacitaciones para los jóvenes, en particular en el proceso de beneficio del café.

A nivel regional en el Cauca, recién se operó un proyecto del sistema general de regalías, las cuales son recursos disponibles para la inversión social que provienen de la explotación minera (petróleo y carbón) de donde se generan recursos para los departamentos. En el Cauca estos recursos se destinaron al financiamiento de un proyecto “Cafecultura: una oportunidad en el pacto social por el Cauca”, con el cual se apoyaron a cerca de 11 000 familias en el tema de infraestructura cafetera con secaderos, tanques de fermentación y lavado, y sistemas modulares de tratamiento de aguas mieles; este proyecto tuvo una cobertura de 23 municipios en el Cauca⁶.

A nivel nacional, los recursos manejados por la FNC apoyan cuatro líneas de acción; en primer lugar, garantizar la compra de café y regular el precio para que dentro del mercado no haya compradores con precios bajos (este aspecto es relativo), para lo cual se realiza un pronóstico de cosecha. En segundo lugar, los recursos apoyan la investigación asociada con la producción y manejo agronómico del cultivo a través de CENICAFÉ; en tercer lugar, apoyan el servicio de extensión con asistentes técnicos en todos los departamentos cafeteros de Colombia; los técnicos se agrupan en comités departamentales. El servicio de extensión se brinda finca a finca o de productor a

and microcredits for producers. Additionally, ASORCAFÉ trains farmers every year through technicians that have different policies to those of the FNC, particularly with regard to environmental fertilization, which is cheaper and does not damage the environment. To aid in the development of coffee production, the government of the municipality of Inzá has provided resources for infrastructure and the SENA Colombia (Servicio Nacional de Aprendizaje) contributes by training youngsters, particularly on processing the coffee from berries to beans.

At a regional level in Cauca, a project began operating which belongs to the general system of royalties, which are resources available for social investment from the mining industry (oil and coal), from which resources are drawn for the departments. In Cauca, these resources are allocated for the funding of a project called “Cafecultura: una oportunidad en el pacto social por el Cauca” (Coffee production: an opportunity in the social agreement for Cauca), which was used to help nearly 11 000 families with coffee-producing infrastructure with driers, fermentation and washing tanks, and modular wastewater treatment systems; this project covered 23 municipal areas in Cauca⁶. Nationwide, the resources managed by the FNC support four lines of action. In the first place, to guarantee the purchase of coffee and regulate prices, meaning that nobody in the market can buy coffee at a lower price (this aspect is relative); in order to do that, a harvest forecast is needed. Secondly, the resources support research related to the production and agronomic management of the crop through CENICAFÉ. Finally, they support the training extension service with technical assistants in all the coffee-producing departments in Colombia, technicians form departmental committees. This training extension service is provided to every farm or farmer to train in pest and disease management, harvest, postharvest, crop registration, and there is even a support system to perform family-studies to apply for credits⁷.

Although different institutions seem to subsidize diverse topics related to coffee production, these supports do not have a significant impact on real life conditions. Most of the infrastructure given does not fully operate, and the most important topics farmers

⁶E. Morales, comunicación personal, junio 2018. Informante clave: transformación del grano. ♦ E. Morales, personal communication, June, 2018. Key informer: grain transformation.

productor en capacitar para manejo de plagas y enfermedades, cosecha, poscosecha, comercialización, registro de cultivos; y existe apoyo para realizar estudios para créditos⁷.

Aunque diferentes instituciones parecen subsidiar temas diversos relacionados con el cultivo de café, los apoyos no inciden significativamente en la realidad. Mucha de la infraestructura otorgada no funciona al 100%, los temas más importantes en los que se ha brindado capacitación aún no se implementan de manera estricta en los cafetales. La regulación de los precios es relativa y los ingresos por el café no alcanzan a cubrir los costos de producción; todo lo anterior es evidencia de que se requieren otras medidas para resolver este problema.

Saberes y prácticas agrícolas tradicionales implementadas por el cafeticultor para el control de la roya

En las cuatro zonas de estudio se encontraron condiciones y características homogéneas respecto al cultivo de café, los campesinos productores tienen en promedio 2.2 ha en total, de las cuales destinan 1.6 ha a la producción de café y el resto para la siembra de cultivos como caña panelera, lulo o naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y pitahaya, o para el desarrollo de la ganadería. Las plantaciones de café son relativamente nuevas. Los cafetales tienen en promedio cinco años, esto se debe principalmente a la renovación constante con variedades resistentes a la roya, como la variedad Castillo, Colombia, Tabi, F6 o San Bernardo. La edad reducida de los cafetales se debe a que cada cinco años se realiza la práctica de zoca o recepa; lo cual significa remoción y trasplante en el cultivo del cafetal.

En las parcelas, además de las variedades mejoradas, están presentes las variedades Typica, Caturra amarillo y rojo, Bourbon amarillo y rojo, y Catuai. Tanto las variedades mejoradas como las tradicionales, están sembradas a una distancia de 1.3 m entre plantas y de 1.6 m entre hileras, lo que resulta en una densidad de 4800 plantas por hectárea. La densidad alta de la plantación se traduce en una mayor necesidad de aplicación de fertilizantes; cabe indicar que la FNC estableció estas densidades para aumentar la

have been trained on are not yet strictly implemented in the coffee plantations. The regulation of prices is relative, and the coffee revenue does not cover production costs. The aforementioned shows that other measures are required to solve this problem.

Traditional agricultural knowledge and practices implemented by the coffee farmer for the control of rust

In the four study areas, homogenous conditions and characteristics were found, regarding coffee cultivation. Farmers have an average of 2.2 ha apiece, 1.6 of which are dedicated to the production of coffee, and the rest is for crops such as sugarcane, lulo o naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) and pitahaya, or for livestock. The coffee plantations are relatively new. The coffee plants have an average age of 5 years, which is mostly due to the constant renovation with rust-resistant varieties, such as the varieties Castillo, Colombia, Tabi, F6 or San Bernardo. The short age of the plants is due to every five years, the plants undergo “zoca” (transplant), which means plantlets removal and replanting of the coffee plants in the plantation.

In the plots, aside improved varieties there are also present the varieties Typica, Caturra (yellow and red), Bourbon (yellow and red) and Catuai. Both, improved and traditional varieties are planted with a distance of 1.3 m between plants and 1.6 m between rows, which results in a density of 4800 plants per hectare. The high plant density causes a greater need for fertilizers. It is worth mentioning that the FNC established these densities to increase production. Ninety percent of all coffee farmers produce their own seedlings to replant and the remaining 10% obtains plantlets from the FNC or other suppliers in the department of Huila.

The recent reconversion of the coffee crop systems in the Tierradentro region helped the shaded surface to become larger than the surface under direct sunlight, due to the beneficial effects of the shade on the crop. Some of these benefits are the incorporation of organic matter, humidity retention, nitrogen fixation, shelter for birds and epiphytic plants that naturally interact in the plantations; in

⁷G. Medina, comunicación personal, junio 2018. Informante clave: desarrollo de innovaciones en la región. ♦ G. Medina, personal communication, June, 2018. Key informer: development of innovations in the region.

producción. El 90% de los cafecultores produce su propia plántula para realizar las resiembras y el otro 10% obtiene las plántulas de la FNC o con otro proveedor en el departamento del Huila.

La reconversión reciente de los sistemas de cultivo en la región Tierradentro permitió que la superficie bajo sombra sea mayor que la superficie a pleno sol; ello obedece a los efectos benéficos que la sombra tiene sobre el cultivo. Tales como incorporación de materia orgánica, retención de humedad, fijación de nitrógeno, refugio para las aves y plantas epífitas que interactúan de forma natural dentro de los cafetales; además, se reduce la incidencia de la roya. Lugo-Morín *et al.* (2018) también describieron este efecto en un estudio realizado en la Sierra Norte de Puebla, México, los productores asociaron el cultivo de café con chalahuite (*Inga vera* Willd) y árboles frutales, y además de representar una inversión menor, mantuvieron la plantación en desarrollo y con mejora en producción. En Colombia, cuando se integra sombra, el estrato arbóreo está compuesto por una gran cantidad de especies (Cuadro 1).

Con las entrevistas y recorridos de campo también se registró la presencia de plantas, árboles o frutales cuyas cosechas se destinan al autoconsumo. Entre las especies más abundantes están plátano, aguacate, guanábana, guayaba, piña, mango, papaya, lima, limón, naranja y mandarina. Además, gracias a la influencia de la ACIT en la región, los espacios libres entre el cafetal se aprovechan para establecer un manejo integrado del cultivo de café intercalado con yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*), calabaza (*Cucurbita pepo*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en la época de zoca (renovación del cafetal).

addition, reducing the incidence of rust. Lugo-Morín *et al.* (2018) also described this effect in a study carried out in the Sierra Norte in Puebla, Mexico, in which farmers associated the plantation of coffee with chalahuite (*Inga vera* Willd) and fruit-bearing trees. Those trees represented a minor investment, but the plantation kept developing and with improvements in production. In Colombia, when shade is incorporated, the arboreal stratum integrates a considerable number of species (Table 1).

With the interviews and the field survey, we found fruit-bearing plants and trees, the harvest of which are destined to the self-supply of the farmers. Some of the most abundant species found were bananas, avocado, soursop (*Annona muricata*), guava, pineapple, mango, papaya, lime, lemon, orange and tangerine. Additionally, due to the influence of the ACIT in the region, the free spaces in the plantation are used to establish an integrated management, alternating with coffee plants, others such as yucca (*Manihot esculenta*), maize (*Zea mays*), pumpkin (*Cucurbita pepo*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), tomato (*Solanum betaceum*) and beans (*Phaseolus vulgaris*), in the “zoca” season (plantation renewal).

Regarding the processing of fruit into coffee beans, the Colombian government through the FNC in a fair trade agreement, gave the farmers the possibility of renewal with the Castillo variety (Rivillas *et al.*, 2011), technical assistance and a pulping machine per farmer. Due to this, 90% of the interviewed farmers claimed to have a pulping machine; also a drier system structure similar to a greenhouse, and a system of tanks to ferment and wash the coffee berries. Other ways in which the government has helped the farmers are with fertilizers, assessment to produce organic fertilizers, technical assistance on adequate

Cuadro 1. Especies de árboles de sombra en los cafetales de Tierradentro, Cauca, Colombia.
Table 1. Species of shade trees in the coffee plantations in Tierradentro, Cauca, Colombia.

Nombre común	Nombre científico	Taxonomía
Cachimbo	<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook	Leguminosa
Guamo cerinde	<i>Inga edulis</i>	Leguminosa
Guamo machete	<i>Inga densiflora</i> Benth	Leguminosa
Chachafruto	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	Leguminosa
Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	Gramínea
Carbonero	<i>Calliandra pittieri</i> Standl	Leguminosa
Nogal	<i>Juglans regia</i>	Angiospermas

Respecto al beneficio del café, el gobierno colombiano a través de la FNC otorgó a los productores en el marco de un acuerdo de compra venta, la posibilidad de renovación con la variedad Castillo (Rivillas *et al.*, 2011), asistencia técnica y una despulpadora por productor. A partir de ello, el 90% de los entrevistados expresó que tiene despulpadoras; así como un sistema de secado tipo invernadero llamado “parabólico” y un sistema de tanques para la fermentación del café. Otros apoyos a los que los productores han tenido acceso son: fertilizantes, asesoría para la elaboración de abonos orgánicos, asistencia técnica sobre buenas prácticas agrícolas, subsidios en efectivo y sistema de tratamiento de aguas mieles. El equipo y la infraestructura para procesar el café les ha permitido a los productores tener oportunidades de comercialización.

Lo anterior muestra una diferencia importante respecto a las zonas cafetaleras de México. CEDRSSA (2018) informó que los apoyos otorgados por el gobierno mexicano al sector cafetalero se limitan a paquetes tecnológicos que incluyen fertilizantes, semillas o plántulas de café, mochilas aspersoras, incentivos económicos y eventualmente, asistencia técnica. No se orientan a infraestructura ni equipo; los incentivos son bajos al compararlos con el costo de mantenimiento de los cafetales. En México los productores de café, al no contar con la infraestructura para el beneficio húmedo, venden principalmente el café en cereza; por lo tanto, el precio que obtienen por el producto es muy bajo (Figueroa *et al.*, 2015).

El problema de la roya del cafeto ha estado presente en Tierradentro, principalmente en las plantaciones con variedades susceptibles. Además, persiste el problema de la broca del grano que se ha podido reducir con la recolección de los granos que quedan en la planta después de concluir la cosecha. Para el control de la broca en México ha sido efectivo el uso de trampas a base de alcohol metílico y etílico, método que ha incidido en el control de la plaga⁸. Además de la roya y la broca, los cafetales de Tierradentro también presentan otras enfermedades de importancia como: mancha de hierro (*Cercospora*

agricultural practices, cash subsidies and a system to treat wastewaters. The equipment and infrastructure to process coffee has allowed farmers to have better opportunities of marketing their product.

All the aforementioned show an important difference with coffee-producing areas in Mexico. CEDRSSA (2018) informed that the grants provided by the Mexican government to the coffee sector limit their technological support to some fertilizers, coffee seeds or seedlings, fertilizer backpack sprayers, partial wages and eventually, technical assistance. They are not directed on infrastructure or equipment; and those incentives are low when compared to the cost of maintenance of the coffee plantations. Coffee farmers in Mexico have no infrastructure for the wet coffee-processing method, so they mainly sell coffee berries, and therefore the price at which they sell their product is extremely low (Figueroa *et al.*, 2015).

The problem of coffee rust is present in Tierradentro, mainly in plantations with susceptible varieties. In addition, the problem of coffee-berry borer persists, although it is reduced with the collection of those discarded berries remaining in the plant after the harvest is complete. To control the coffee-berry borers in Mexico, methyl and ethyl alcohol-based traps have been effective, which has had a positive impact on the control of this pest⁸. Along with rust and borers, Tierradentro coffee plantations also present other important diseases such as leaf spot (*Cercospora coffeicola*), dieback (*Phoma spp*) and lliga macana gall-disease (*Cerarostomella fimbriata*), as well as common root-leaf borers such as gallina ciega (*Phyllophaga ravidia*) and hormiga roja (*Pogonomyrmex barbatus*), as it was indicated by the interviewees and verified in field transects.

In order to manage coffee plantations to maintain their production rates and resist diseases, commercial agrochemicals are generally applied. The fertilizers mostly used consist of the formulas 25-04-24, 17-06-18-02, 25-04-25, triple 15, urea, diammonium phosphate and other concentrated formulas with micronutrients, nitrogen and phosphorous. In Mexico and Colombia, farmers are convinced that

⁸Barrera, J. F., J. Herrera, A. Villacorta, H. García, y L. Cruz. 2007. Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. La broca del café en América tropical: hallazgos y enfoques. Simposio Soc. Mex. Entomol y Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 71-83. v Barrera, J. F., J. Herrera, A. Villacorta, H. García, and L. Cruz. 2007. Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. La broca del café en América tropical: hallazgos y enfoques (Workshop) Soc. Mex. Entomol y Colegio de la Frontera Sur. México. pp: 71-83.

coffecicola), muerte descendente (*Phoma spp*) y llaga macana (*Cerarostomella fimbriata*); además de otros agentes como gallina ciega (*Phyllophaga ravidia*) y hormiga roja (*Pogonomyrmex barbatus*), según indicaron los informantes en las entrevistas y se verificó en los recorridos de campo.

Con el fin de que las plantaciones de café mantengan su producción y resistan a las enfermedades, por lo general, se realizan aplicaciones de agroquímicos. Los fertilizantes aplicados consisten en las fórmulas: 25-04-24, 17-06-18-02, 25-04-25, triple 15, urea, fosfato diamónico y fórmulas concentradas con micronutrientes, nitrógeno y fósforo. En México y en Colombia los productores tienen la convicción de que la fertilización es necesaria para mantener sanos y productivos los cafetales, así como para reducir la incidencia de enfermedades (Martínez-López *et al.*, 2019). Avelino *et al.* (2006) encontraron el mismo resultado en Honduras, en las parcelas de café fertilizadas, los productores han obtenido menos incidencia de roya, en comparación con las no fertilizadas, lo anterior se relaciona con que el crecimiento mayor de la planta resta fuerza a la enfermedad (Ferrandino, 2008).

Aunque existen diferentes tipos de control: genético, cultural o químico, el éxito de cualquiera de ellos para el control de la roya está muy ligado con el manejo agronómico del cultivo, poda, manejo de sombra, distancia de siembra adecuada, dosis apropiadas de fungicidas, pero en especial con una fertilización adecuada (Piñeiro *et al.*, 2015). Sin embargo, el límite es el precio alto de los insumos, por eso en México los pequeños productores realizan dos aplicaciones de fertilizante al año, y en muchos casos, sólo una vez por año (Buriticá, 2010; Cardeña *et al.*, 2019).

De acuerdo con la opinión de los productores en Colombia, el 97% realiza prácticas para evitar la incidencia de enfermedades y mantener el cafetal sano; las primordiales son desinfección del germinador, fertilización, encalado, eliminación de arvenses no deseadas, recolección de frutos secos en el suelo y maduros en la planta, podas, control de ingreso del personal, eliminación de plantas viejas y aplicación de productos no tóxicos. Otras prácticas realizadas por los cafetaleros de Colombia son la aplicación de compostas elaboradas con pulpa de café, aplicación de cal viva, incorporación de hojas de plátano, establecimiento de barreras vivas, establecimiento de

fertilización es necesaria to keep their plantations healthy and productive, as well as to reduce disease rates (Martínez-López *et al.*, 2019). Avelino *et al.* (2006) found the same result in Honduras. In fertilized coffee plantations, farmers have experienced a lower incidence of rust than in non-fertilized ones. This is attributed to a greater growth of the plant which reduces the strength of the disease (Ferrandino, 2008).

Despite the fact that different types of genetic, cultural or chemical control do exist, the success of either one for the control of rust is linked to the agronomic management of the crop, pruning, shade management, correct planting distance, adequate fungicide doses, but particularly with an adequate fertilization (Piñeiro *et al.*, 2015). However, the limit is the high price of fertilizers. This is the reason why, in México, small-scale producers can afford fertilizing two times per year and in many cases, only once a year (Buriticá, 2010; Cardeña *et al.*, 2019).

According to the opinions of Colombian farmers, 97% of them perform practices to avoid the incidence of diseases and keep their plantations healthy. The essential practices are disinfecting the seedbeds, fertilization, liming, weeds removal, collecting dried fruits from the ground and mature fruits from the plants, pruning, control the access of laborers, elimination of old plants and the application of non-toxic products. Other common practices among Colombian coffee farmers are the production of compost fertilizers produced with coffee pulp waste, applying calcium oxide (quicklime), incorporation of banana leaves, planting live barriers, soil analyses and general maintenance of the coffee plantations to avoid the accumulation of inorganic garbage.

From their point of view in the productive chain, main problems perceived by Colombian farmers were: in the first place, the reduced number of coffee buyers (46.9%), low bean prices (37.5%), coffee rust and coffee-berry borer (15.6%). The monopoly of the FNC is also an important problem. Because the farmers have been able to mitigate the incidence of rust in their coffee plantations through agronomic management, it has ceased to be a priority in the list (Figure 5).

Therefore, farmer demands are now aimed at obtaining government subsidies, as well as other regulatory measures from Colombian State such as the stability of coffee prices, a reduction in costs of

cercos vivos, análisis de suelo y el mantenimiento general de los cafetales para evitar la acumulación de basura inorgánica.

Entre los problemas principales que los campesinos colombianos visualizaron desde su eslabón en la cadena productiva, estuvo en primer lugar el número reducido de compradores de café (46.9%), los precios bajos del grano (37.5%), la roya y la broca del café (15.6%). El monopolio de la Federación también representa un problema importante. Debido a que los productores han podido mitigar la incidencia de roya en los cafetales a través del manejo agronómico, ésta dejó de ser prioridad en la lista (Figura 5).

Por lo que ahora, las demandas de los campesinos se dirigen a la obtención de subsidios por parte del Estado; y otras medidas regulatorias como, la estabilización del precio del café, la reducción de los precios del fertilizante, la reestructuración de las políticas para el sector agropecuario y la obtención de infraestructura para la transformación del café y de otros productos con valor comercial derivados de la misma parcela para la agregación de valor. Además de la siembra de la variedad Caturra, los productores están convencidos de que con un buen manejo es posible mantener las plantaciones con incidencia baja de roya.

Los problemas y necesidades de apoyo en Colombia son similares a los observados en México (Cardeña *et al.*, 2019) y podrían solucionarse a través de la acción conjunta de instituciones académicas y organizaciones campesinas. Desde las instituciones de apoyo al sector cafetalero es necesario respaldar la aspiración de los productores por conservar las variedades tradicionales como Caturra, Bourbon y Typica,

fertilizers, the restoration of policies for the farming sector, and the obtention of infrastructure for the processing of coffee and other commercially valuable products from the same fields for added value. In addition to planting the Caturra variety, farmers are convinced that an adequate management will help keep rust incidences low in plantations.

The problems and needs for support in Colombia are similar to those found in Mexico (Cardeña *et al.*, 2019) and would be solved with the joint action of academic institutions and farmer organizations. Institutions that support the coffee sector need to back the aspirations of farmers to preserve the traditional varieties such as Caturra, Bourbon and Typica, in Mexico and Colombia, because these get a higher cost per cup in the market, due to the high quality perceived by the consumer (Sánchez-Hernández *et al.*, 2018). Their management should be complemented with adequate fertilization programs, and with strictly scheduled practices, as well as actions towards a better integration of the value chain with the production of speciality coffees.

Coffee is a short-day plant and its flowering responds to light intensity. It has a critical photoperiod of 13.5 h of astronomical sunlight. Within the latitudinal interval of the coffee-producing area in Colombia this factor is not limiting, since days with photoperiods of less than 13 h are found all year (Ramírez *et al.*, 2014). In the area of Cauca there are only two seasons every year: a short summer and a prolonged winter. This aspect decisively influences flowering and therefore, coffee production. In the region, coffee production increases when summers are intensely sunny.

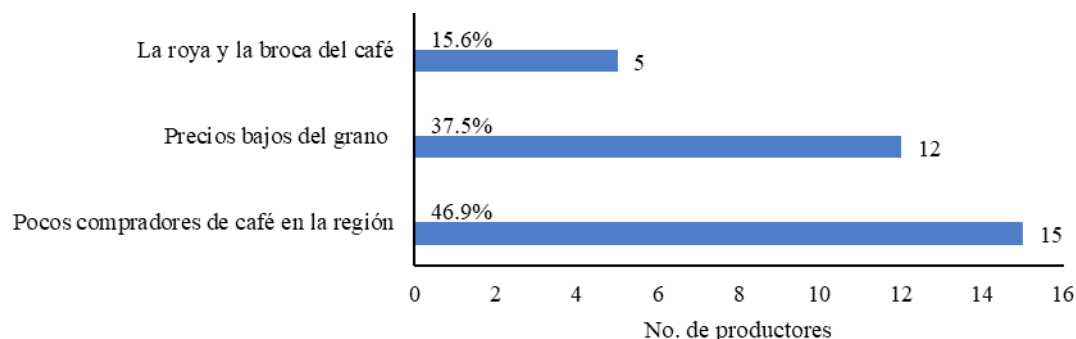


Figura 5. Principales problemas de los productores de café en Tierradentro, Cauca, Colombia.

Figure 5. Main problems faced by coffee farmers in Tierradentro, Cauca, Colombia.

en México y en Colombia, porque éstas tienen precio mayor por taza en el mercado, debido a la calidad alta que percibe el consumidor (Sánchez-Hernández *et al.*, 2018). Su manejo debería complementarse con planes y programas de fertilización adecuada y con un programa estricto de prácticas. Además de acciones hacia una mejor integración de la cadena de valor por medio de la producción de cafés de especialidad.

El café es una planta de día corto y su floración responde a la intensidad lumínica; tiene un fotoperiodo crítico de 13.5 h de brillo solar astronómico. Dentro del intervalo latitudinal de la zona cafetera de Colombia este factor no es limitante, pues se registran durante todo el año días con un fotoperiodo menor de 13 h de duración (Ramírez *et al.*, 2014). En la zona del Cauca sólo se diferencian dos estaciones en el año, un verano corto y un invierno prolongado; este aspecto influye determinantemente en la floración y, por lo tanto, en la producción de café. En la región se ha observado que cuando existe un verano intenso, la producción aumenta.

Respecto a las condiciones de sombra, un debate existe en los últimos años acerca del establecimiento de árboles en los cafetales. Algunos autores mencionan que favorece la enfermedad (Staver *et al.*, 2001), mientras que otros indican que la reduce (Soto-Pinto *et al.*, 2002) o que el tipo de sombra influye en una incidencia mayor o menor (Salgado *et al.*, 2007). No obstante, la sombra regula variaciones extremas de los factores climáticos, disminuye la temperatura, evita el rocío, amortigua la lluvia, y regula las escurridías, intercepta la velocidad del viento, mejora la calidad del café, reduce el crecimiento de arvenses y el uso de fertilizantes (López-Bravo *et al.*, 2012). En Tierradentro, los productores consideran conveniente tener un cafetal con sombra, pues ayuda a regular la incidencia de roya. En campo se pudo observar que efectivamente en las plantaciones bajo sombra las hojas de los cafetos presentaron menos síntomas de roya, en comparación con los que estaban a plena exposición solar.

Avelino y Rivas (2014) y Virginio y Astorga (2015) explicaron el fenómeno de la siguiente manera: la liberación de las uredosporas solamente es posible en presencia de agua libre durante todo el proceso hasta la penetración de las hifas; ésta puede lograrse a través de las salpicaduras provocadas por la lluvia. Después, el hongo de la roya del café penetra por los estomas del envés de la hoja; la apertura

Regarding shade conditions, there has been a debate in recent years on the establishment of trees in coffee plantations. Some authors mention that it favors the incidence of diseases (Staver *et al.*, 2001), whereas others state that shading reduces disease (Soto-Pinto *et al.*, 2002). Others propose that the type of shade has an influence on whether the incidence is higher or lower (Salgado *et al.*, 2007). Regardless, shade regulates extreme variations of weather factors, reduces temperatures, prevents the formation of dew, reduces the impact of rainfalls, regulates runoff, intercepts wind speeds, reduces the growth of weeds and the use of fertilizers (López-Bravo *et al.*, 2012). In Tierradentro, producers consider as convenient to have a plantation with shade, since it helps to regulate the incidence of rust. In a field survey it was observed that in plantations under the shade, the leaves of coffee plants displayed less symptoms of rust than those under direct sunlight.

Avelino and Rivas (2014) and Virginio and Astorga (2015) explained it as follows: the release of uredospores is only possible in the presence of free water during the entire process until hyphae penetrate, which occurs following the heavy splashes caused by the rain. The coffee rust fungus also enters through the stomata of the bottom side of the leaves. The stomatal openings increase with the intensity of light, therefore, under shady conditions stomata are less open, preventing the fungus from entering the leaf (Barquero, 2013). On the other hand, once the fungus has penetrated the leaf, its reproduction is inhibited when water availability is reduced, since this affects the growth of the germinative tubes produced by the spores (Avelino and Rivas, 2014).

Finally, the limitation of credit services is a prevalent problem and an obstacle for the actual profit of the farmers, and therefore, for the reinvestment in coffee plantations at small-scale production units in Colombia. The condition of establishing rust tolerant varieties reduces the adoption of traditional varieties and affects the quality of the coffee. In addition, it promotes a higher plant density in plantations and the removal of shade, which decisively affects the flora and fauna that naturally interacts in the coffee plantations. This is a call and a proposal for the Colombian government to develop intervention programs that give farmers easier access to credits without the condition of producing under direct sunlight. As it would help to improve their incomes

estomática aumenta con la intensidad lumínica; por ello en condiciones de sombra la apertura de los estomas se reduce y esto impide la penetración del hongo (Barquero, 2013). Por otro lado, cuando el hongo ha logrado penetrar, su reproducción se inhibe cuando se reduce la disponibilidad de agua en la hoja, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos de las esporas (Avelino y Rivas, 2014).

Por último, la limitación de los servicios crediticios es un problema preponderante que representa un obstáculo para la capitalización de los productores y por lo tanto para la reinversión en las unidades de producción cafetaleras de Colombia. La condición del establecimiento de variedades tolerantes a la roya para otorgar los créditos disminuye la adopción de variedades tradicionales y afecta la calidad del café. Además, se promueve una densidad mayor en las plantaciones y la eliminación de sombra, lo cual afecta de modo determinante la flora y fauna que interactúa en los cafetales. La propuesta dirigida al gobierno colombiano es un llamado a desarrollar programas de intervención que faciliten a los productores el acceso a los créditos sin el condicionamiento de producir a sol. Ello permitiría capitalizarles sin comprometer el equilibrio ecológico que logra permanecer en los sistemas de producción diversificada bajo sombra.

CONCLUSIONES

El examen detallado *in situ* del conjunto de prácticas agrícolas implementadas por los productores para combatir la roya del café mostró que la priorización de sus problemas cambió. La comercialización del grano es ahora el problema mayor para los productores, seguido de los precios bajos y por último la roya. Los productores han sabido utilizar su conocimiento y prácticas tradicionales para mitigar los efectos de la roya y mantener sus plantaciones en producción.

Con la fertilización, incorporación de sombra, desinfección de los germinadores y el conocimiento acumulado, los productores lograron reducir significativamente el efecto negativo de la roya sobre la producción de las unidades cafetaleras. La germinación de plántulas propias asegura sanidad antes de establecerlas en campo, la fertilización asegura el crecimiento y se ha comprobado el efecto benéfico de la sombra en la producción, a través de la reducción en la incidencia del patógeno causante de la roya anaranjada.

without jeopardizing the environmental balance that remains under diversified production shade-cultivation systems.

CONCLUSIONS

On the detailed *in situ* examination of the agricultural practices implemented by farmers to fight coffee rust, it was observed that the prioritization of their problems changed. Marketing of coffee beans was perceived as the greatest problem for farmers, followed by low prices and rust infection at the end. Farmers manage to use their traditional knowledge and practices to mitigate the effects of rust and keep their plantations producing.

With fertilization, incorporation of shade, disinfection of seedbeds and their acquired knowledge, farmers significantly reduced the negative effect of rust on the production of their coffee units. The germination of their own seedlings ensures they are healthy before planting them in the field. Fertilization ensures growth and the benefits of shade in the production process has been proven by the reduction in the incidence of the pathogen that causes orange rust.

The lines of action identified include the promotion of educational and business abilities in farmers so they can accept new production methods and search for other resources still absent in this coffee-producing area of Colombia. Farming schools can help disseminate information on proper agricultural practices in coffee plantations and provide certification processes for greater access to better coffee-bean prices in the market. The Colombian coffee sector aim to redirect the Colombian government plans for development towards changes to improve plantations and increase production efficiency. In this process, increasing the flexibility in the access to credits is crucial to solve the problem of low profitability caused by the high costs of inputs in the coffee production chain.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the technical support team of the Inzá Tierradentro Farmers Association for the presence and shared knowledge that enriched this study; in particular to Ciro Marino, Eliecer Morales, Gersain Medina, Amilcar Arias, Karol Sánchez, Janer Sancho and Reinaldo Peña. To Dr. Gustavo Adolfo Alegría

Las líneas de acción identificadas incluyen, alentar en los cafeticultores la capacidad educativa y empresarial para aceptar nuevas formas de producción y gestión de los recursos no presentes aún en esta zona cafetalera de Colombia. Las escuelas campesinas pueden difundir las buenas prácticas agrícolas en cafetales y los procesos de certificación para acceder a precios mejores del grano en el mercado. En la situación actual del sector cafetalero colombiano se propone orientar los planes de desarrollo del gobierno de Colombia hacia cambios con el fin de mejorar las plantaciones y aumentar la eficiencia productiva. En este proceso, incrementar la flexibilidad en el acceso a créditos es fundamental para resarcir la rentabilidad baja ocasionada por los costos altos de los insumos en la cadena productiva del café.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo técnico de la Asociación Campesina de Inzá Tierradentro por el acompañamiento y por el conocimiento compartido que enriqueció el estudio; en especial a los señores Ciro Marino, Eliecer Morales, Gersain Medina, Amilcar Arias, Karol Sánchez, Janer Sancho y Reinaldo Peña.

Al Dr. Gustavo Adolfo Alegría Fernández, docente de la Universidad del Cauca, por su asesoramiento y apoyo para realizar la estancia de investigación en el Cauca, Colombia.

LITERATURA CITADA

- ACIT (Asociación Campesina de Inzá Tierradentro). 2004. Diagnóstico Rural Campesino Participativo. Programa Tierradentro. Cauca, Colombia. 70 p.
- Alviar L., C. F., y F. García G. 2020. Factores que originan la escasez de mano de obra para la recolección de café en el municipio de Belén de Umbría. Universidad Católica de Pereira. Pereira, Colombia. 68 p.
- Avelino, J., H. Zelaya, A. Merlo, A. Pineda, M. Ordoñez, y S. Savary. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecol. Mode.* 197: 431–447.
- Avelino, J., y G. Rivas. 2014. La roya anaranjada del café. In: Bertrand, B., y B. Rapidel. (eds.) *Desafíos de la Caficultura en Centroamérica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA San José, Costa Rica. pp. 194–241.
- Avelino, J., M. Cristancho, S. Georgiou, P. Imbach, L. Aguilar, G. Bornemann, P. Läderach, F. Anzueto, J. Hruska, y C. Morales. 2015. The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Sec.* 7:303–321. DOI 10.1007/s12571-015-0446-9.
- Barquero M., M. 2013. Recomendaciones Para el Combate de la Roya del Café. 3a ed. ICAFE. San José, Costa Rica. 63 p.
- Fernández, Professor under the Universidad del Cauca for his assessment and support for the research stay in Cauca, Colombia.
- End of the English version—
- *—
- Buritica C., P. 2010. La roya del café en Colombia: realizaciones de impacto nacional e internacional en el siglo XX. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín.* 63:5285–5292.
- Cardena B., I., B. Ramirez V., J. P. Juarez S., A. Huerta De la P., A. Cruz L. 2019. Campesinos y sistema de producción de café ante el problema de la roya en el municipio de Hueytamalco, Puebla, México. *Esp. Ab. Cuad. Vene. de Soc.* 28:59–78.
- Castillo-Ponce, G. 2013. La Roya Anaranjada del Café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) su Comportamiento en México: Propuestas para Enfrentar un Nuevo Brote Epidemiológico. Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café (AMECAFE). México. 24 p.
- CEDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria). 2018. El café en México, Diagnóstico y Perspectiva. Cámara de Diputados. Palacio Legislativo de San Lázaro. 33 p.
- Ferrandino, F. J. 2008. Effect of crop growth and canopy filtration on the dynamics of plant disease epidemics spread by aerially dispersed spores. *Phytopathology.* 98: 492–503. DOI:10.1094/PHYTO-98-5-0492.
- Figueroa H., E., F. Pérez S., y L. Godínez M. 2015. Importancia de la comercialización del café en México. In: Figueroa H., E., F. Pérez S., y L. Godínez M. (eds.) *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades. Handbook T-I.* - ©ECORFAN. Texcoco de Mora, estado de México, México. pp: 64–82.
- Hernández S., R., C. Fernández C., y M. de P. Baptista L. 2010. Metodología de la investigación. 5ª. Ed. McGraw-Hill. México, D.F. pp: 7–16.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2018. Sistema de Información para apoyar el fortalecimiento de la caficultura en México. CentroGeo. https://idegeo.centrogeo.org.mx/ms/iniciativa_IICA/narrative/348 (Consultado: junio 2020).
- López-Bravo, D. F., E. de M. Virginio-Filho, y J. Avelino. 2012. Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. *Crop Prot.* 38:21–29. DOI: [org/10.1016/j.cropro.2012.03.011](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.011).
- Lugo-Morín, D. R., E. de J. Desiderio, y M. L. Fajardo F. 2018. Prácticas y saberes comunitarios en la Sierra Norte de Puebla: el caso del café, sus plagas y enfermedades. *Rev. Inv. Agr. y Amb.* 9:78–87. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.2135>.
- Márquez-Díaz, C. 2009. Estrategia política para la apropiación del patrimonio cultural: Caso Tierradentro. Universidad del Rosario. Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. <http://repositorio.urosario.edu.co/handle/10336/1114> (Consultado: junio 2020).

- Martínez-López, A., A. Cruz-León, D. M. Sangerman-Jarquín, S. Díaz-Cárdenas, J. Cervantes-Herrera, y B. Ramírez-Valverde. 2019. El estudio de los saberes agrícolas como alternativa para el desarrollo de las comunidades cafetaleras. *Rev. Mex. de Cienc. Agr.* 10:1615–1626. DOI: [org/10.29312/remexca.v10i7.2113](https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.2113).
- Ortega H., A., y B. Ramírez V. 2013. Crisis de la cafeticultura y migración en el contexto de pobreza y marginación. El caso de los productores indígenas de Huehuetla, Puebla. *Ra Ximhai*. 9:173-186.
- Piñeiro, V., S. Morley, y P. Elverdin. 2015. Los efectos de la roya en las economías centroamericanas. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Washington DC. <http://www.ifpri.org/publication/los-efectosde-la-roya-en-las-econom%C3%ADas-centroamericanas> (Consultado: junio 2020).
- Puerta R., M. 1987. Valores Culturales de Tierradentro. Instituto Colombiano de Antropología. Universidad de Texas. USA. 62 p.
- Ramírez B., V.H., J. Arcila P., A. Jaramillo R., J.R. Rendón S., G. Cuesta G., H.D. Menza F., C.G. Mejía M., D. F. Montoya, J.W. Mejía M., J.C. Torres N., P.M. Sánchez A., J. E. Baute B., y A. J. Peña Q. 2014. Floración del café en Colombia y su relación con la disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar. *Cenicafé* 61:132-158.
- Renard H., M. C., y Larroa T., R. M. 2017. Política pública y sustentabilidad de los territorios cafetaleros en tiempos de roya: Chiapas y Veracruz. *Est. Lat.* 40:95–113. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/cela.24484946e.2017.40.61593>.
- Rivillas O., C. A., C. A. Serna G., y A. L. Gaitán B. 2011. La Roya del Cafeto en Colombia: Impacto Manejo y Costos del Control. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia. 51 p.
- Salgado, B. G., R. L. G. Macedo, V. L. Carvalho, M. Salgado, N. Venturin. 2007. Progress of rust and coffee plant cercosporiose mixed with grevillea, with ingazeiro and in the full sunshine in Lavras-MG. *Ciência e Agrotecnologia*. 31:1067–1074.
- Sánchez-Hernández, S., E. Escamilla-Prado, M. A. Mendoza-Briseño, y N. Nazario-Lezama. 2018. Calidad del café (*Coffea arabica* L.) en dos sistemas agroforestales en el centro de Veracruz, México. *Agroproductividad*. 11:80-86.
- Santoyo-Cortés, V. H., P.P. Ramírez-Moreno, y M. Suvedi. 2002. Manual para la Evaluación de Programas de Desarrollo Rural. 2a ed. CIESTAAM-Universidad Autónoma Chapingo. México. 149 p.
- Soto-Pinto, L., I. Perfecto, y J. Caballero-Nieto. 2002. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agro. Syst.* 55:37–45. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020266709570>.
- Staver, C., F. Guharay, D. Monterroso, y R. G. Muschler. 2001. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. *Agro. Syst.* 53:151–170. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013372403359>.
- Virginio F., E. y C. Astorga. 2015. Prevención y Control de la Roya del Café Manual de Buenas Prácticas para Técnicos y Facilitadores. CATIE. Costa Rica. <http://hdl.handle.net/11554/8186> (Consultado: mayo 2020).