

EN

Coffee from the Sierra Otomí-Tepehua and its relevance for the biodiversity protection

ES

El café de la Sierra Otomí-Tepehua y su importancia en la protección de la biodiversidad

Mario Castelán Lorenzo*

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Preparatoria Agrícola, Área de Agronomía, Academia de Meteorología, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

*Corresponding author:
mcastelanl@chapingo.mx
ORCID: 0000-0002-9587-7192

Received: May 30, 2022 /
Accepted: October 5, 2022

DOI:
10.5154/r.rchsat.2022.02.03

Abstract

Coffee from the Otomí-Tepehua region in the state of Hidalgo is not widespread, and its marketing is difficult due to the access to the region. Given this situation, farmers decide to sell their crops to intermediaries despite the low price. Coffee plantations within indigenous areas provide environmental services that are important for the region, such as the biodiversity protection and preservation. The aim of this study is to characterize the coffee of the region with the criteria regarding shade coffee, biodiversity protection and bird friendly coffee according to the methodology proposed by the Smithsonian Institution. Areas of 2000 m² were surveyed within the coffee plantations, taking the emerging tree as the center to count the specimens and conduct dasometric, ecological and biological observations. 15 tree species were recorded, the most abundant was the chalahuite (*Inga spuria*) and the rarest the zopilote (*Platimicium* spp.), with the presence of epiphytes such as orchids and bromelias, nests and burrows, which in addition to providing shade, protect the wild fauna and flora. One of the trees with the greatest presence of nests was the chalame (*Ficus cotinifolia*).

Keywords: Agroecosystem, emerging tree, bird friendly coffee, environmental services

Resumen

El café de la región Otomí-Tepehua en el estado de Hidalgo, está poco difundido y la comercialización se dificulta por el acceso a la región, ante esto, los productores deciden vender su cosecha a los intermediarios a pesar de su bajo precio. Los cafetales de las zonas indígenas proporcionan servicios ambientales que tienen importancia en la región, como la protección y conservación de la biodiversidad. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar el café de la región con los criterios café de sombra, protección a la biodiversidad y café amigable con las aves de acuerdo con la metodología propuesta por el Instituto Smithsonian. Se levantaron sitios de 2000 m² dentro de los cafetales, tomando como centro el árbol emergente para contar los ejemplares y realizar observaciones dasométricas, ecológicas y biológicas. Se registraron 15 especies de árboles, siendo el más abundante

el chalahuite (*Inga vera*) y el más escaso el zopilote (*Platimicium* spp.), con presencia de epífitas como orquídeas y bromelias, nidos y madrigueras, que, además de la función de sombra, protegen a la fauna y flora silvestre. Uno de los árboles con mayor presencia de nidos fue el chalame (*Ficus cotinifolia*).

Palabras clave: Agroecosistema, árbol emergente, café amigable con las aves, servicios ambientales

Introduction

Coffee from the Otomí-Tepehua region, in the state of Hidalgo, is poorly disseminated and the marketing is difficult due to the access to the region. Given this situation, farmers generally sell their merchandise to intermediaries, known as *coyotes*, with prices offered by them and, in most of the cases, the investment made by the farmers to obtain their crops, is not considered. Few people decide to process their coffee, and those who do it, do it by hand, mainly due to the lack of infrastructure to develop this activity.

Figuroa-Hernández et al. (2019), say that, at global level, 120 million people depend on the coffee as means of livelihood, and there are 70 countries producing coffee. This crop is in the second place in terms of marketing, after oil that is in the first place. 80 and 90 % of the marketed coffee, takes as a reference the prices of the New York Stock Exchange as they are the most influential ones worldwide.

In Mexico, about 500 thousand farmers cultivate coffee, 12 are the main states: Veracruz, Puebla, Colima, Hidalgo, Nayarit, Oaxaca, Jalisco, Guerrero, San Luis Potosí, Querétaro, Tabasco, and Chiapas. The latter is the first place because contributes with the 40 % of the total production. This crop has an average sown area of 712 thousand hectares, with an annual average production that varies between 4 million bags of Arabica coffee, the annual value of primary production is more than 5 million pesos, which is equivalent to 1.1 % of the National Agricultural GDP, which is why it is particularly important for the economy of Mexico. The Mexican coffee exports to the international market is mainly focused on the United States, Belgium, Germany, Italy, France, Puerto Rico, Canada, Japan, Netherlands, and Australia (Franco and González, 2014; CEDRSSA, 2018; SADER, 2020).

Anta (2006), points out that the coffee production in Mexico is a very important activity for the indigenous and peasant population that inhabits the central and southeastern mountainous areas, which has allowed to get income to subsist through the production and

Introducción

El café de la región Otomí-Tepehua, en el estado de Hidalgo, está poco difundido y la comercialización se dificulta por el acceso a la región, ante esto, los productores generalmente venden su mercancía a los intermediarios llamados coyotes al precio ofrecido por ellos y, en la mayoría de los casos, no se toma en cuenta la inversión que realizan los productores para obtener su cosecha. Pocos son los que deciden procesar su café, y los que lo realizan, lo hacen de manera artesanal, debido principalmente a la falta de infraestructura destinada para ello.

Figuroa-Hernández et al. (2019), mencionan que, a nivel mundial, 120 millones de personas dependen del café como medio de subsistencia, siendo 70 países los productores de café. Este cultivo ocupa el segundo lugar en lo referente a comercialización, después del petróleo que ocupa el primer lugar. El 80 y 90 % del café que se comercializa, toma como referencia los precios de la bolsa de Nueva York al ser los más influyentes a nivel mundial.

En México, alrededor de 500 mil productores cultivan café, siendo 12 los principales estados: Veracruz, Puebla, Colima, Hidalgo, Nayarit, Oaxaca, Jalisco, Guerrero, San Luis Potosí, Querétaro, Tabasco y Chiapas. Este último ocupa el primer lugar al aportar 40 % del total de la producción. Este cultivo tiene una superficie sembrada promedio de 712 mil hectáreas, con una producción promedio anual que oscila entre los 4 millones de sacos de café de tipo arábica, el valor anual de la producción primaria es de más de 5 mil millones de pesos, lo que equivale al 1.1 % del PIB Agropecuario Nacional, de ahí la gran importancia para la economía de México. Las exportaciones de café mexicano al mercado internacional se realizan principalmente a Estados Unidos, Bélgica, Alemania, Italia, Francia, Puerto Rico, Canadá, Japón, Países Bajos y Australia (Franco y González, 2014; CEDRSSA, 2018; SADER, 2020).

Anta (2006), señala que la cafecultura en México, es una actividad de gran relevancia para la población indígena y campesina que habita las zonas montaño-

sale of the coffee bean, but in unequal conditions compared with the large farmers; according to the Secretariat of Agriculture and Rural Development (SADER by its acronym in Spanish) (2020), 80 % of the production is in marginalized areas and 66 % of farmers belong to an indigenous group and from them, 37 % are women. Most of the coffee growers are small farmers with areas of one hectare or less, 9 out of 10 are small-scale farmers, but their terrains have a biodiversity, and they care and attend he work in their coffee plantations in a family way.

On the other side, most of the coffee plantations owned by indigenous people, provide environmental services such as water capture, soil preservation, biodiversity preservation and protection, among others, in addition to the importance in mitigating global climate change by regulating the microclimate, cushioning the impact of rains and strong winds, improving soil fertility and reducing erosion (Ruelas et al., 2014; Sosa et al., 2020; Hernández and Travieso, 2021). In this sense, the coffee plant, at its different growing stages, is extremely sensitive to weather conditions, mainly to the light, temperature, rain, and moisture.

Canet et al. (2016) point out that the coffee-growing is acclimatized to a particular rainfall pattern, generally from May to October in most of the production areas and with the climate change, the intense rain and drought and the increase in temperature, especially at night, are causing direct and indirect effects in the coffee-growing, such as an increased incidence of pests and diseases, one of the pests associated with the climate change is the rust (*Hemileia vastratrix* Berkeley & Broome) that has moved to higher places, being found up to 1,700 meters above sea level when its maximum range is 1,200 m (Libert and Paz, 2018; Guerrero-Carrera et al., 2020).

The temperature increase speeds the ripening process of the fruits and with this, the quality is lost, also, the extreme heat causes abortion of flowers, as well as stress and a lower plant growth. The irregular rainfalls affect coffee blossoming, and if they are heavier, then there is a greater soil erosion (Descamps, 2017, Sánchez et al., 2018).

In this way, the Smithsonian Institution, mainly concerned with the fair coffee bean trade, has created methodologies to assess coffee plantations with characteristics of organic coffee, fair trade, shade coffee and mainly the bird friendly coffee. The aim is that final consumers, when paying for the fair price, know that coffee comes from certified coffee plantations that meet the requirements (Rice and Drenning, 2003).

del centro y sureste, lo cual ha permitido obtener ingresos para la subsistencia por la producción y venta del grano, pero en condiciones desiguales con respecto a los grandes productores; según la SADER (2020), el 80 % de la producción se encuentra en zonas marginadas y el 66 % de los productores pertenecen a algún grupo indígena y de ellos el 37 % son mujeres. La gran mayoría de los cafecultores son pequeños productores con predios de una hectárea o menos, nueve de cada 10 son de pequeña escala, pero sus predios tienen una alta biodiversidad, cuidando y atendiendo las labores en sus cafetales de manera familiar.

Por otra parte, la mayoría de los cafetales que poseen los indígenas proporcionan servicios ambientales tales como la captura de agua, la conservación del suelo, conservación y protección de la biodiversidad, entre otros, además de la importancia en la mitigación del cambio climático global por la regulación del microclima, amortiguar el impacto de las lluvias y vientos fuertes, mejorar la fertilidad de los suelos y reducir la erosión (Ruelas et al., 2014; Sosa et al., 2020; Hernández y Travieso, 2021). En este sentido, la planta de café, en sus diferentes etapas de crecimiento, es muy sensible a las condiciones climáticas, principalmente luz, temperatura, lluvia y humedad.

Canet et al. (2016) señalan que el cultivo del café esta aclimatado a un patrón de lluvias determinado, generalmente de mayo a octubre en la mayoría de las regiones de producción y con el cambio climático, los extremos de lluvia intensa y sequía y el aumento de la temperatura, especialmente la nocturna, están provocando efectos directos e indirectos en el cultivo del café, tales como una mayor incidencia de plagas y enfermedades, una de las plagas que se asocian al cambio climático es la roya (*Hemileia vastratrix* Berkeley & Broome) que se ha desplazado a lugares más altos, encontrándose hasta los 1 700 msnm cuando su rango máximo es de 1 200 m (Libert y Paz, 2018; Guerrero-Carrera et al., 2020).

El incremento en la temperatura acelera el proceso de maduración de los frutos y con ello se pierde la calidad, además, el calor extremo provoca aborto de las flores, así como estrés y un crecimiento más lento de las plantas. Las lluvias irregulares afectan la floración del cafeto, y si son más violentas entonces hay más erosión de suelos (Descamps, 2017, Sánchez et al., 2018).

De esta manera, el Instituto Smithsonian, preocupado principalmente por el comercio justo del grano, ha creado metodologías para evaluar cafetales con las características de café orgánico, comercio justo, café de sombra y principalmente el "café amigable con las

Based on the above, it is necessary to create a concept of quality product known by consumers due to the relevance that the coffee agroecosystem represents for the generation of ecosystem services, without forgetting the social impact on the generation of family jobs and that the producers are capable of processing coffee and marketing it until the final product is with the consumer. For this, this study was aimed at assessing and characterizing the coffee from the Sierra Otomí-Tepehua of the state of Hidalgo, to identify its relationship with the shade coffee, biodiversity protection and bird friendly criteria.

Methodological approach

The assessment and characterization of coffee plantations were developed in the municipality of Huehuetla, in the state of Hidalgo, within the region known as Otomí-Tepehua, with Am type climate (warm and humid with abundant rain during the summer); which according to García (2004), has a short dry season in the cool half of the year, but with a total amount of rainfall sufficient to keep the ground moist throughout the year. The climate formula is between Af and Aw. It is in the coordinates 20° 23' to 20° 41' LN and 97° 59' and 98° 11' LW at an altitude of 520 meters above sea level in the municipal capital, with elevations of more than 1 000 meters above sea level (Figure 1) and temperature range from 16 to 26 °C and precipitation range from 900 to 2 600 mm (INEGI, 2010).

aves” o bird friendly. La idea es que los consumidores finales, al pagar el precio justo, sepan que el café proviene de cafetales certificados que cumplen con los requisitos (Rice y Drenning, 2003).

Partiendo de lo anterior, se hace necesario generar un concepto de producto de calidad que sea conocido por los consumidores por la importancia que representa el agroecosistema cafetalero en la generación de servicios ecosistémicos, sin olvidar el impacto social en la generación de empleos familiar y que los productores sean capaces de procesar el café y comercializarlo hasta destinar el producto final al consumidor. Por ello, el presente trabajo tuvo el objetivo de evaluar y caracterizar el café de la Sierra Otomí-Tepehua del estado de Hidalgo, para identificar su relación con los criterios café de sombra, protección a la biodiversidad y amigable con las aves.

Enfoque metodológico

La evaluación y caracterización de cafetales se realizó en el municipio de Huehuetla, estado de Hidalgo, en la región conocida como Otomí-Tepehua, con clima de tipo Am (cálido húmedo con abundantes lluvias en el verano); que de acuerdo con García (2004), tiene una estación seca corta, en la mitad fría del año, pero con una cantidad total de lluvia suficiente para mantener el terreno húmedo durante todo el año. La fórmula climática es intermedia entre el Af y el Aw. Comprende

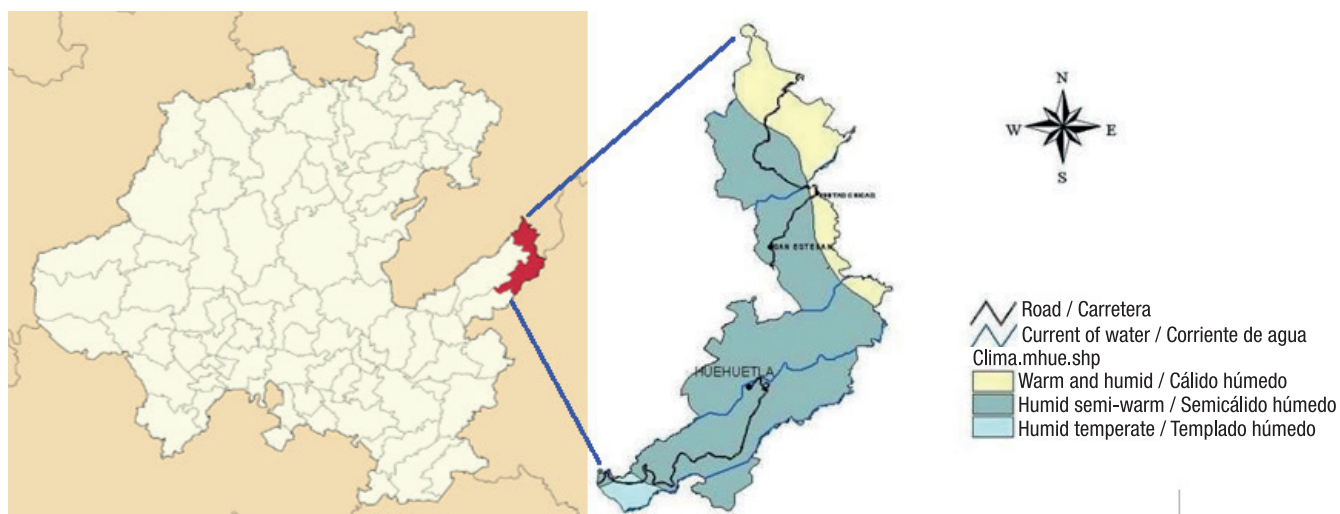


Figure 1. Location of the municipality of Huehuetla, state of Hidalgo.
Figura 1. Ubicación del municipio de Huehuetla, estado de Hidalgo.

Field trips were conducted in 10 coffee-growing areas located between 1 000 and 1 200 meters above sea level, the production units ranged between 0.5 to 10 ha, for this, we had the support of some inhabitants and owners of the properties from the region, people who due to their expertise about the local knowledge regarding shade trees, were very helpful in identifying them.

In each coffee plantation, a directed sampling was conducted by taking into account the highest or emerging tree from the area considered the center of the site, drawing a circle of 25 m in diameter, within which the trees found on the site were counted and measured (Figure 2), considering the variables: normal diameter (cm), height (m) and diameter of the treetop (m) as dasometric variables. The following variables of the site were measured: altitude (meters above sea level), exposure, stoniness (%) and slope (%), together, these variables define the quantitative approach of the research, and provide data and values about the area and measured trees to assess if coffee plantations meet the characteristics of shade coffee, bird friendly and biodiversity protection, according to the criteria established by Rice and Drenning (2003) for the certification of coffee plantations that are:

1. The height of the main shade canopy must be at least 12 meters high.
2. There must be at least 10 distinct species of shade trees and one species must not have more than 60% of the frequency of the total number of trees in the coffee plantation.
3. The coverage of the canopy in the coffee plantation must have at least 40 %.
4. There must be at least arboreal strata in the shade canopy of the coffee plantation.

The qualitative approach was derived from the work with coffee farmers who, during the field trips, through dialogue and participative observation, helped to determine the common name of trees, local uses, trees preferred by birds and wild fauna, better shade trees, among others. In this sense, the qualitative approach of the research is in the framework of the naturalistic scientific paradigm, which is also denominated naturalist-humanist or interpretative, whose interest is focused on the study of the meanings of human actions and social life (Barrantes, 2014). As ecological observations, the following were considered: the proximity of streams, ravines, if the trees had nests, burrows, etc., and regarding the biological ones: if

las coordenadas 20° 23' a 20° 41' LN y 97° 59' y 98° 11' LW a una altitud de 520 msnm en la cabecera municipal, con elevaciones de más de 1 000 msnm (Figura 1) y rango de temperatura de 16 a 26 °C y un rango de precipitación de 900 a 2 600 mm (INEGI, 2010).

Se hicieron recorridos de campo en 10 predios cafetaleros ubicados entre los 1 000 y 1 200 msnm, las unidades de producción oscilaron entre 0.5 a 10 ha, para lo cual, se contó con el apoyo de algunos habitantes de la región y dueños de los predios, aquellos que, por su experiencia en el conocimiento local de los árboles de sombra, fueron de gran ayuda para su identificación.

En cada cafetal, se realizó un muestreo dirigido, tomando como referencia el árbol más alto o emergente del predio considerado como el centro del sitio, trazando un círculo de 25 m de diámetro, dentro del cual se contaron y midieron los árboles que se encontraron en el sitio (Figura 2), considerando las variables: diámetro normal (cm), altura (m) y diámetro de copa (m) como variables dasométricas. Se midieron los siguientes parámetros del sitio: altitud (msnm), exposición, pedregosidad (%) y pendiente (%), en conjunto estas variables definen el enfoque cuantitativo de la investigación, arrojando datos y valores del sitio y de los árboles medidos para evaluar si los cafetales cumplen con las características de café de sombra, amigable con las aves y protección a la biodiversidad, de acuerdo con los criterios que establece Rice y Drenning (2003) para la certificación de cafetales que son:

1. La altura del dosel principal de la sombra debe tener como mínimo 12 metros de altura.
2. Debe haber por lo menos 10 especies diferentes de árboles de sombra y una especie no debe tener más del 60 % de la frecuencia del total de los árboles del cafetal.
3. La cobertura del dosel del cafetal debe tener por lo menos el 40 %.
4. Se debe tener, por lo menos, tres estratos en el dosel de la sombra del cafetal.

El enfoque de tipo cualitativo se derivó del trabajo con los productores cafetaleros quienes, durante los recorridos, a través del diálogo y la observación participativa, ayudaron a determinar el nombre común de los árboles, los usos locales, árboles preferidos por las aves y fauna silvestre, mejores árboles de sombra, entre otros. En este sentido, el enfoque cualitativo de investigación se enmarca en el paradigma científico naturalista, el cual, también se denomina

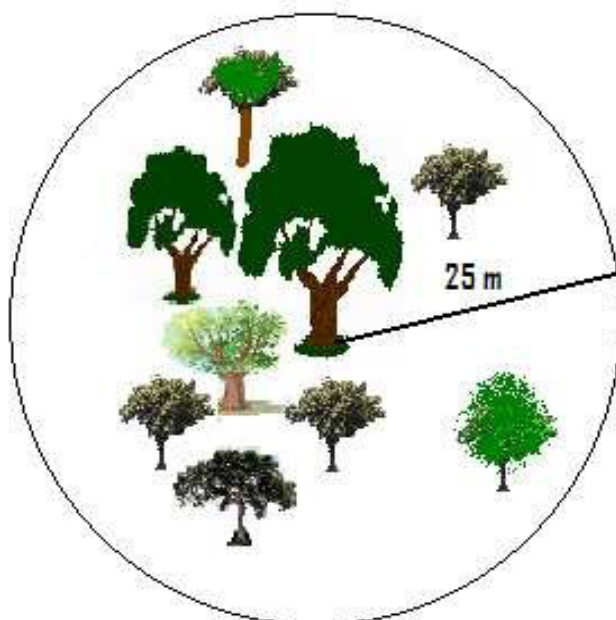


Figure 2. Boundary representation of each sampling site of 2 000 m².
Figura 2. Representación de la delimitación de cada sitio de muestreo de 2 000 m².

they were associated with epiphytes, vines, parasites, among other important observations around the tree.

Materials used to develop the study were: photographic camera, field notebook, forms for interviews, forest measurement equipment (Suunto clinometer, diameter tape, flexometer, concave spherical densiometer).

Results and discussion

The areas of coffee plantations were at an average altitude of 1 100 meters above sea level with a variability due to the relief. At the microrelief level, the environmental conditions conducive to the growth and development of coffee trees are generated. The surface of the lands ranged from half a hectare to just over 10 ha. In most of the areas, the natural environment of the soil was respected, this is, the original type of vegetation in the evergreen tropical forest (Rzedowski, 1978) was preserved with slight modifications or transformations due to the establishment of coffee to a coffee agroecosystem, since its inception in the region dating back to the 1940s. Soils were haplic feozem, a common feature of the jungle vegetation. The surface stoniness was null, the slope percentage was greater than 45 % in most of the areas. With north exposure.

Coffee in the studied areas is considered de altura because is located above 900 meters above sea level, which favors the coffee bean properties, providing a

naturalista-humanista o interpretativo, cuyo interés se centra en el estudio de los significados de las acciones humanas y de la vida social (Barrantes, 2014). Como observaciones ecológicas se consideraron: la cercanía de arroyos, cañadas, si los árboles tenían nidos, madrigueras, etc., y en cuanto a las biológicas: si se encontraban asociados con epífitas, enredaderas, parásitos, entre otras observaciones importantes en torno al árbol.

Los materiales empleados para la realización del estudio fueron: cámara fotográfica, libreta de campo, formatos para entrevistas, equipo de medición forestal (clinómetro Suunto, cinta diamétrica, flexómetro, densiómetro esférico cóncavo).

Resultados y discusión

Los predios cafetaleros se encontraron ubicados a una altitud promedio de 1 100 msnm con una variabilidad debida al relieve. A nivel de microrelieve se generan las condiciones ambientales propicias para el crecimiento y desarrollo de los cafetos. La superficie de los predios fue desde media hectárea hasta poco más de 10 ha. En la mayoría de los sitios se respetaba el entorno natural del suelo, es decir, se mantuvo el tipo de vegetación original de bosque tropical subperennifolio (Rzedowski, 1978) con ligeras modificaciones o transformaciones por el establecimiento del café a agroecosistema cafetalero, desde sus inicios en la región que data de los años 40's. Los suelos fueron

better quality in terms of smell, body, taste, etc., which are essential to obtain a quality coffee (Regalado, 2015); and due to the exposure to the windward side of the Gulf of Mexico, the constant entry of humidity by the winds means that adequate humidity conditions are maintained throughout the year (Figure 3).

The municipality of Huehuetla is in a totally easterly wind circulation, between subtropical anticyclones and intertropical low pressures. This current is caused by the trade wind easterlies, moist winds that have crossed the Atlantic. Precipitations can be present the entire year, with a maximum between June and September, period in which east winds and tropical cyclones are particularly active (García, 2004).

Shade trees

The shade required by the coffee is given by native trees such as the fig tree or chalame (*Ficus cotinifolia* Kunth), orange tree (*Citrus sinensis* Osbeck), avocado or pahua (*Persea schiedeana* Nees.), mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) H. E. Moore & Stearn) and other that have been introduced and adapted to that place such as the chalahuite (*Inga vera* Willd.). Many of these trees provide food and protect animal and plant diversity, in this way, it is possible to find several species of orchids, bromelias and other epiphyte plants on the architectural structure of the coffee plantation, which are covered by the shade trees (Figure 4).

de tipo Feozem háplico, propio del tipo de vegetación selvática. La pedregosidad superficial fue nula, el porcentaje de pendiente fue mayor al 45 % en la mayoría de los predios. Con exposición Norte.

El café en los predios estudiados es considerado como de altura ya que se ubican por arriba de los 900 msnm, lo cual favorece las propiedades del grano, dando mejor calidad en aroma, cuerpo, sabor, etc., siendo indispensable para obtener un café de calidad (Regalado, 2015); y por la exposición al barlovento del golfo de México, la entrada de humedad constante por los vientos hace que se mantengan las condiciones adecuadas de humedad durante todo el año (Figura 3).

El municipio de Huehuetla está situado en una circulación de vientos totalmente del Este, entre los anticiclones subtropicales y las bajas presiones intertropicales. Esta corriente se presenta por los vientos alisios del Este, vientos húmedos que han cruzado el Atlántico. Las precipitaciones pueden producirse todo el año, con un máximo entre junio y septiembre, periodo durante el cual los vientos del este y los ciclones tropicales son particularmente activos (García, 2004).

Árboles de sombra

La sombra que requiere el café es proporcionada por árboles nativos como la higuera silvestre o chalame (*Ficus cotinifolia* Kunth), naranjo (*Citrus sinensis* Os-



Figure 3. Location of coffee plantations with exposure to windward side from the Gulf of Mexico. The arrow indicates the arrival of wet winds.

Figura 3. Ubicación de los cafetales con exposición al barlovento del Golfo de México. La flecha indica la entrada de los vientos húmedos.



Figure 4. Bromelia growing in a shade tree within the coffee plantation.
Figura 4. Bromelia creciendo en árbol de sombra dentro del cafetal.

When we talk about the coffee agroecosystem, we talk about its cultivation through two modalities: the rustics shade that consists in the shade given by the natural vegetation and the shade of planted trees. Planted trees represent the backbone of the coffee plantation or main canopy dominated by several species of the *Inga* genus (Moguel and Toledo, 1996). In addition to trees from the *Inga* genus, the grevillea (*Grevilea robusta* A. Cunn.) has been also planted, it is not considered as backbone.

The existence of epiphytes in the trees decreases the light penetration, however, it is necessary to note that most of the epiphytes are not parasitic, they use the host tree as platform to stablish and grow and do not take nutrients as parasitic plants. However, the storage of organic matter and water due to the epiphytes that grow on trees and branches, increases the weight that the tree must carry. This, in addition to the epiphytes, it is also used as support by climbing plants, vines and lianas. When there are high winds or storms, the combined weight causes the branches of several trees to crack and fall to the ground, or that the trees of the jungle end their lives by uprooting or fracture in the lower part of the trunk, falling to the ground (Granados et al., 2003).

The vascular epiphytes, highlighting the orchids and bromelias, compose a particularly diverse group. Actually, the orchid family is the richest in species within evergreen forests constituting one of the most visible physiognomic-structural components of the

beck), aguacate silvestre o pahua (*Persea schiedeana* Nees.), mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) H. E. Moore & Stearn) y otros introducidos que se han adaptado al lugar como el chalahuite (*Inga vera* Willd.). Muchos de estos árboles proporcionan alimento y protección a la diversidad animal y vegetal; así, es posible hallar varias especies de orquídeas, bromelias y otras plantas epífitas sobre la estructura arquitectónica del cafetal, mismos que son protegidos por los árboles de sombra (Figura 4).

El hablar de agroecosistema cafetalero, se refiere a cultivarlo bajo dos modalidades: la sombra rústica, que consiste en la sombra que proporciona la vegetación natural y la sombra con árboles plantados. Los árboles plantados constituyen la columna vertebral del cafetal o dosel principal dominada por varias especies del género *Inga* (Moguel y Toledo, 1996). Además de los árboles del género *Inga*, se ha plantado igualmente el grevileo (*Grevilea robusta* A. Cunn.) el cual no es recomendable como columna vertebral.

La presencia de epífitas en los árboles reduce la penetración de la luz, sin embargo, es necesario aclarar, que la mayoría de las epífitas no son parásitas; más bien usan al árbol huésped como plataforma para establecerse y crecer, y no le roban los nutrientes a diferencia de las plantas parásitas. Sin embargo, el almacenamiento de materia orgánica y agua, por las epífitas que viven y crecen sobre los troncos y ramas, aumenta el peso que tiene que soportar el árbol.

forests, and it is possible to admire them within the shade coffee plantations, rich in diversity (Granados et al., 2003; Manson et al., 2008). This condition is noted in coffee plantations from the Otomí-Tepehua region, constituted by the foliage of the trees commonly called chalames (*Ficus* spp.). Figure 5 shows the percentages of shade cover in coffee plantations, epiphyte plants, nests and burrows, and food for birds and fauna from the trees observed.

When analyzing the sampling within coffee plantations, 15 tree species were recorded in total, the chalahuite was the most abundant and the mamey and zopilote the scarcest, the coffee plantation with the fewest species recorded seven and the one with the highest number of species recorded 13. The main emerging trees were six: chalame, zopilote, red cedar, palo de agua, pahua and mamey and their heights were from 16 to 26 meters. The height of the backbone was from 10 to 16 meters (Figure 6). In Table 1 they are organizing in descending order and the abundance of each of them is shown, as well as the dasometric measurements. The biological and ecological characteristics, as well as the uses of each tree are briefly described.

Este, además de las epífitas, es también usado como soporte por plantas trepadoras, bejucos y lianas. El peso combinado provoca que, cuando hay vientos o tormentas fuertes, las ramas de muchos árboles se desprendan y caigan al suelo, o que los árboles de la selva terminen sus vidas desenraizándose o se fracturen en la parte baja del tronco, cayendo al suelo (Granados et al., 2003).

Las epífitas vasculares, entre las que destacan las orquídeas y las bromelias, forman un gremio particularmente diverso. De hecho, la familia de las orquidáceas es la más rica en especies en las selvas perennifolias constituyendo uno de los componentes fisonómicos-estructurales más visibles de las selvas, que es posible admirarlos en los cafetales de sombra, ricos en biodiversidad (Granados et al., 2003; Manson et al., 2008). Esta condición se observa en los cafetales de la región Otomí-Tepehua, constituida por la frondosidad de los árboles llamados comúnmente chalames (*Ficus* spp.). La Figura 5 muestra los porcentajes de sombra en los cafetales, plantas epífitas, nidos y madrigueras, y alimento para las aves y fauna de los árboles observados.

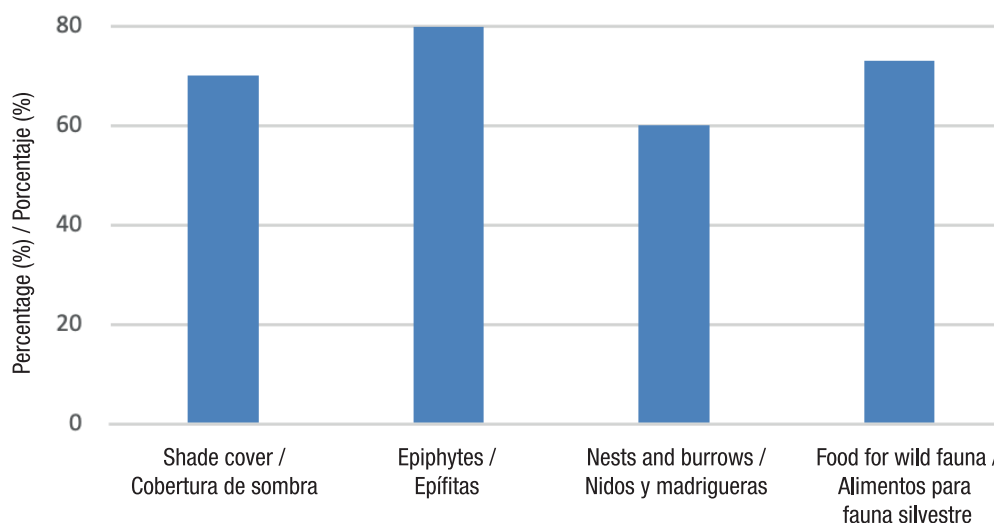


Figure 5. Percentage in the production units per existence of trees that give shade, epiphyte plants, nests and burrows and food for the fauna in coffee plantations from the Sierra Otomí-Tepehua, Hidalgo.

Figura 5. Porcentaje en las unidades de producción por la presencia de árboles que proporcionan sombra, plantas epífitas, nidos y madrigueras y alimento para fauna, en cafetales de la Sierra Otomí-Tepehua, Hidalgo.

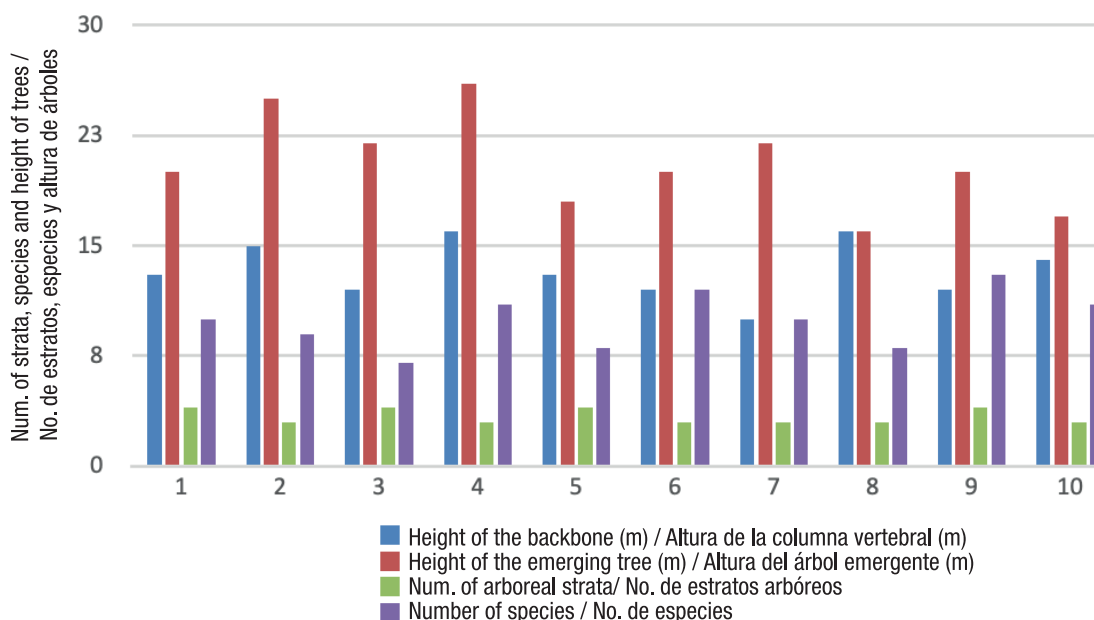


Figure 6. Characterization of coffee plantations explored in the Sierra Otomí-Tepehua, Hidalgo.
Figura 6. Caracterización de los cafetales explorados en la Sierra Otomí-Tepehua, Hidalgo.

Table 1. Register of trees in coffee plantations.

Cuadro 1. Registro de los árboles presentes en los cafetales.

Tree / Árbol	Num. of specimens / Núm. de individuos	Average height (m) / Altura promedio (m)	Normal diameter (cm) / Diámetro normal (cm)	Diameter of the treetop (m) / Diámetro de copa (m)
Chalahuite	270	13	20	8
Orange tree / Naranja	172	5	15	6
Tangerine / Mandarina	146	3	10	5
Jonote blanco	52	8	20	7
Jonote colorado	45	10	12	6
Chalame	36	20	80	12
Duraznillo	32	6	10	5
Pipián	27	9	25	8
Banana / Plátano	25	4	12	3
Palo de agua	23	13	40	8
Pahua	21	20	50	8
Grevileo	18	10	30	7
Red cedar / Cedro rojo	15	14	40	8
Mamey	12	18	60	12
Zopilote	12	16	35	7

Chalahuite (*Inga vera* Willd.)

Biological characteristics: 60 % of the tree is covered by epiphytes and 20 % by vines. Presence of tree growth plants in several branches. 40 % of the tree is covered by moss. Presence of orchids in 30 % and existence of a parasitic plant called graft.

Ecological characteristics: presence of nests and furrows.

Uses: Medicinal: The infusion of the bark is used to treat intestinal and stomach problems. People and birds widely eat its fruits. Wood is used as firewood and is one of the most valued. This species is the most used as shade.

Orange tree (*Citrus sinensis* Osbeck)

Biological characteristics: 50 % of the tree is covered by epiphytes. Small buttresses are seen on the base. 70 % of the tree is covered by moss.

Ecological characteristics: Presence of nests. It produces fruits each year that are eaten by the wild fauna.

Uses: Medicinal: The infusion of the bark is used to treat intestinal and stomach problems. People and birds widely eat its fruits. Wood is used as firewood despite its hardness.

Tangerine (*Citrus reticulata* Blanco)

Biological characteristics: 40 % of the tree is covered by epiphytes. Small buttresses are seen on the base. 80 % of the tree is covered by moss.

Ecological characteristics: It produces fruits each year that are eaten by the wild fauna and are very valued by local people.

Uses: People and birds widely eat its fruits. When it is dried is used as firewood.

Jonote blanco (*Heliocarpus donnellsmithii* Rose)

Biological characteristics: Tree little covered by epiphytes, with strippable bark and exceptionally soft wood.

Ecological characteristics: the dead wood of this tree produces white edible mushrooms.

Uses: the strippable bark is used to elaborate the amate paper. Small birds eat its fruits. Wood is used

Al realizar el muestreo dentro de los cafetales, se registraron 15 especies de árboles en total, siendo el chalahuite el más abundante y el más escaso el mamey y zopilote, el cafetal con menos especies registró siete y el de mayor número de especies fue de 13. Los principales árboles emergentes fueron seis: chalame, zopilote, cedro rojo, palo de agua, pahua y mamey y sus alturas fueron de 16 a 26 metros. La altura de la columna vertebral fue de 10 a 16 metros (Figura 6). En el Cuadro 1 se muestran ordenados en forma descendente y la abundancia de cada uno de ellos, así como las mediciones dasométricas. Se describen brevemente las características biológicas, ecológicas y usos de cada árbol.

Chalahuite (*Inga vera* Willd.)

Características biológicas: 60 % del árbol cubierto por epifitas y 20 % de enredaderas. Presencia de plantas de crecimiento arbóreo en varias ramas. 40 % del árbol cubierto por musgo. Presencia de orquídeas en un 30 % y con presencia de una planta parásita llamada injerto.

Características ecológicas: presencia de nidos y madrigueras.

Usos: Medicinal: La infusión de la corteza es usada para tratar problemas intestinales y estomacales. Sus frutos son ampliamente consumidos tanto por la gente como por las aves. Se utiliza la madera para leña, siendo de las más apreciadas. Esta especie es la principal que se utiliza como sombra.

Naranja (*Citrus sinensis* Osbeck)

Características biológicas: 50 % del árbol cubierto por epifitas. Se aprecian pequeños contrafuertes en la base. 70 % del árbol cubierto por musgo.

Características ecológicas: Presencia de nidos. Produce frutos anualmente que aprovecha la fauna silvestre.

Usos: Medicinal: La infusión de la corteza es usada para tratar problemas intestinales y estomacales. Sus frutos son ampliamente consumidos por la gente y por las aves. La madera se utiliza para leña a pesar de su dureza.

Mandarina (*Citrus reticulata* Blanco)

Características biológicas: 40 % del árbol cubierto por epifitas. Se aprecian pequeños contrafuertes en la base. 80 % del árbol cubierto por musgo.

to make masks and others because is softness. It is not considered shade tree.

Jonote colorado (*Trema micrantha* (L.) Blume)

Biological characteristics: With strippable bark, it regenerates very easily. It is not colonized by epiphytes or other colonizing plants, not for the moss.

Ecological characteristics: small birds eat its fruits.

Uses: The bark is used to make amate paper. Birds eat its fruits. Wood is used as firewood and posts. It is not considered shade tree.

Chalame (*Ficus cotinifolia* Kunth)

Biological characteristics: 90 % of the tree is covered by epiphytes and 55 % by vines (these reach the top of the tree). Presence of tree growing plants in several branches. Well-marked buttresses can be seen. 70 % of the tree is covered by moss. Presence of orchids, 50 % and hung Spanish moss, 25 %.

Ecological characteristics: Presence of nests and furrows.

Uses: Medicinal: The infusion from the bark is used to treat intestinal and stomach problems. Wild fauna and birds widely eat its fruits. Its wood is little valued to be used as firewood. It gives much shade; therefore, it must be constantly regulated.

Duraznillo

Biological characteristics: small tree that does not exceed 7 meters of little growth and with the production of dark-colored infructescences. 50 % of the tree is covered by moss.

Ecological characteristics: It is important for the ecosystem as food source. Birds widely eat its fruits.

Uses: Wood is use as firewood. This species is little valued as shade tree; however, it is preserved due to its fruits eaten by birds.

Pipian (*Alchornea latifolia* Sw.)

Biological characteristics: 80 % of the tree is covered by epiphytes and 40 % by vines Well-marked buttresses can be seen. 70 % of the tree is covered by moss. Presence of orchids in approximately 50 %.

Ecological: Presence of nests.

Características ecológicas: Produce frutos anualmente que aprovecha la fauna silvestre y son muy apreciados por la gente local.

Usos: Sus frutos son ampliamente consumidos por la gente y por las aves. Cuando seco se utiliza para leña.

Jonote blanco (*Heliocarpus donnellsmithii* Rose)

Características biológicas: Árbol poco cubierto por epifitas, de corteza desprendible y madera muy suave.

Características ecológicas: la madera muerta de este árbol produce hongos blancos comestibles.

Usos: la corteza desprendible es usada para elaborar el papel amate. Sus frutos son consumidos por pequeñas aves. La madera se utiliza para hacer máscaras y otros objetos por su suavidad. No es apreciado como árbol de sombra.

Jonote colorado (*Trema micrantha* (L.) Blume)

Características biológicas: De corteza desprendible, de muy fácil regeneración. No es colonizada por epifitas ni otras plantas colonizadoras, tampoco por el musgo.

Características ecológicas: Sus frutos son consumidos por pequeñas aves.

Usos: La corteza es usada para hacer el papel amate. Sus frutos son consumidos por las aves. La madera es usada para postes y leña. No es apreciado como árbol de sombra.

Chalame (*Ficus cotinifolia* Kunth)

Características biológicas: 90 % del árbol cubierto por epifitas y 55 % de enredaderas (estas llegan hasta la punta del árbol). Presencia de plantas de crecimiento arbóreo en varias ramas. Se aprecian contrafuertes bien marcados. 70 % del árbol cubierto por musgo. Presencia de orquídeas 50 % y de heno colgando 25 %.

Características ecológicas: Presencia de nidos y madrigueras.

Usos: Medicinal: La infusión de la corteza es usada para tratar problemas intestinales y estomacales. Sus frutos son ampliamente consumidos por las aves y la fauna silvestre. Su madera es poco apre-

Uses: Birds, wild fauna and people widely eat its fruits. Its wood is proper as firewood and light-weight furniture.

Banana (*Musa paradisiaca* L.)

Biological: Bush distributed as component of coffee plantations without any commercial value.

Ecological: Presence of nests and burrows in the base of the bush.

Uses: Birds, wild fauna and people widely eat its fruits. It gives shade for the small coffee plants.

Palo de agua (*Dendropanax arboreus* (L.) Planch & Decne)

Biological characteristics: 75 % of the tree is covered by epiphytes. Presence of orchids in 35 % of the tree.

Ecological: Nests made of leaves are observed between the branches.

Uses: Timber: The wood is easy to work and polish, is used in the carpentry. It is used as firewood and in constructions. It is used for alive fences. Tree with beekeeping potential, due to its quantity and quality of flowers.

Pahua (*Persea schiedeana* Nees.)

Biological characteristics: This tree has Spanish moss covering 20 % of its treetop. With epiphytes covering 20 % of its treetop.

Ecological characteristics: It is found near a stream.

Uses: Edible: Fruits are eaten fresh accompanying different dishes; they are sold in the *tianguis* within the municipality. Medicinal: The infusion prepared with the bark is drunk to treat the centipede bite. Pesticide: The infusion prepared with the stem is used to wash the head and remove lice.

Grevillea (*Grevilea robusta* A. Cunn.)

Biological characteristics: 50 % of the tree is covered by epiphytes and some vines. Small buttresses are seen on the base.

Ecological characteristics: Production of lots of deciduous leaves.

Uses: Its wood is valued for carpentry and firewood.

ciada para leña. Proporciona mucha sombra por lo que se debe estar regulando continuamente.

Duraznillo

Características biológicas: Arbolillo que no rebasa los 7 metros, de poco crecimiento y con producción de infrutescencias de color oscuro. Con un 50 % del árbol cubierto por musgo.

Características ecológicas: Es importante para el ecosistema como fuente de alimento. Sus frutos son ampliamente consumidos por las aves.

Usos: Se utiliza la madera para leña. Esta especie es poco apreciada para sombra, sin embargo, se dejan por sus frutos para las aves.

Pipian (*Alchornea latifolia* Sw.)

Características biológicas: 80 % del árbol cubierto por epifitas y 40 % de enredaderas. Se aprecian contrafuertes bien marcados. 70 % del árbol cubierto por musgo. Presencia de orquídeas en cerca del 50 %.

Ecológicas: Presencia de nidos.

Usos: Sus frutos son ampliamente consumidos por las aves y la fauna silvestre además de la gente. Su madera es buena para leña y también para muebles ligeros.

Plátano (*Musa paradisiaca* L.)

Biológicas: Mata que se distribuye como componente del cafetal, sin que tenga un valor comercial.

Ecológicas: Presencia de nidos y madrigueras en la base de las matas.

Usos: Sus frutos son ampliamente consumidos por las aves, la fauna silvestre y la gente. Proporciona sombra a las plantas de café pequeñas.

Palo de agua (*Dendropanax arboreus* (L.) Planch & Decne)

Características biológicas: 75 % del árbol cubierto por epifitas. Presencia de orquídeas en 35 % del árbol.

Ecológicas: Se observan nidos hechos de hojas entre las ramas.

Usos: Maderable: Madera fácil de trabajar y pulir,

It produces lots of fallen leaves therefore it is not considered shade tree.

Red cedar (*Cedrella odorata* L.)

Biological characteristics: Epiphytes covering 70 % of the branches. From these, 5 % are orchids that cover the total of the tree. Vines on the trunk covering 50 % of it.

Ecological characteristics: Nests on the treetop.

Uses: Timber: Manufacture of furniture, doors, and beams for the house construction. Medicinal: A infusion is prepared with the bark, and it is used to solidify teeth, rinse to prevent hair loss and dandruff. Pesticide: With the infusion, the maize is soaked to avoid pests.

Mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn)

Biological characteristics: With some epiphytes covering its trunk and branches, 50 %. From these, 70 % are bromelias and 30 % orchids. 20 % is covered by moss.

Ecological characteristics: They were observed as rare trees in each coffee plantation, with presence of nests for birds and squirrels.

Uses: Wood is used to make boards and beams; however, it is valued due to its edible fruits at local level, also, it is food source for the wild fauna.

Palo de zopilote (*Platymiscium* spp. Vogel)

Biological characteristics: 80 % is covered with some epiphytes on the trunk. In the branches there are a few of them, 48 %. From the total, 20 % are orchids. 10 % is covered by moss.

Ecological characteristics: Three burrows of squirrel were found in the highest part of the tree.

Uses: Timber: its wood is considered as one of the best material due to its hardness and is used for the house construction and to make handicrafts at local level.

Of the total of trees recorded, four are not considered shade trees, they are: jonote colorado, jonote blanco, duraznillo and grevileo. The most valued are the chalahuite and the chalame. According to the farmers, the orange tree and banana, are not used as shade trees and they are only planted because of custom, but are gradually eliminated, however, some specimens

se utiliza en la carpintería en general. Se usa como leña y para construcciones. Usado para cercas vivas. Árbol con potencial apícola, por su cantidad y calidad de flores.

Pahua (*Persea schiedeana* Nees.)

Características biológicas: Este árbol se encuentra con heno cubriendo un 20 % de su copa. Con epífitas cubriendo un 20 % de la copa.

Características ecológicas: Se encuentra cerca de un arroyo.

Usos: Comestible: Los frutos se comen frescos acompañando diferentes platillos, se venden en los tianguis del municipio. Medicinal: La infusión de la corteza se toma para mordidas de ciempiés. Plaguicida: La infusión del tallo se usa para lavar la cabeza y eliminar piojos.

Grevileo (*Grevilea robusta* A. Cunn.)

Características biológicas: 50 % del árbol cubierto por epífitas y algunas enredaderas. Se aprecian pequeños contrafuertes en la base.

Características ecológicas: Producción de mucha hoja caediza.

Usos: Su madera es apreciada para la carpintería en general y para leña. Produce mucha hojarasca por ello no es apreciado como árbol de sombra.

Cedro rojo (*Cedrella odorata* L.)

Características biológicas: Epífitas cubriendo el 70 % de las ramas. De este el 5 % son orquídeas que cubren el total del árbol. Enredaderas subiendo en el tronco cubriéndolo un 50 %.

Características ecológicas: Nidos sobre su copa.

Usos: Maderable: Fabricación de muebles, puertas y vigas para la construcción de casas. Medicinal: Se prepara una infusión con la corteza que sirve para amacizar la dentadura, enjuague para evitar la caída del cabello y la caspa. Plaguicida: Con la infusión, se remoja el maíz para evitar plagas.

Mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn)

Características biológicas: Con algunas epífitas cubriendo el tronco y ramas 50 %. De estas 70 % son bromelias y 30 % orquídeas. 20 % cubierto por musgo.

are left so that there is food for the wild fauna and, although the yield of the coffee is sacrificed, it is compensated with the compliance of the coffee plantation in the proportion of this service.

As coverage, plants play important roles in the ecosystem balance, the canopy of an undisturbed forest intercepts almost 35% of the rain, it protects against erosive agents, helps to regulate the hydrological cycle, and controls the temperature variation, among other positive effects, the meaning of forests in stabilizing global weather patterns is just beginning to be discovered. It is able to absorb the kinetic energy of the rain, causing at least a third of what reaches the ground to do so in the form of drizzle and runoff through the trunks of plants, reduces the action of wind and runoff, by retaining the soil with its roots and with its contribution of organic matter that favors infiltration and reduces runoff, and through its shade and transpiration regulates the microclimate near the soil surface (Villarreyña et al., 2020).

The capture of rainwater, the control of soil drags, the climate regulation, the maintenance of stable temperatures, the filtration and purification of water, are some of the environmental services provided by forests and jungles. The lack of vegetal coverage causes a water drainage 10 or 20 times faster, with serious and sometimes disastrous consequences, for this, coffee plantations, as they have an important vegetal coverage in the region, must be seen as a preservation option (Ruelas et al., 2014; Villarreyña et al., 2020).

Villavicencio and Pérez (2005) point out that in the Otomí-Tepehua region, the jungle is mainly in the SE and N of San Bartolo Tutotepec and the central part and north of Huehuetla, and it is characterized by the existence of trees that measure from 25 to 40 meters tall such as the ojite (*Brosimum alicatrum*), copal (*Protium copal*), chaca (*Bursera simaruba*), pahua (*Persea schiedeana*) and cedar (*Cedrela odorata*), these last two found within the explored coffee plantations. It is important to take into account that tropical forests in the world are considered as the most diverse and complex ecosystems, which together are home to more than 60 % of the plants of the global flora and in Hidalgo there are not natural areas protected by jungles.

The shade coverage was 70 %, therefore, it exceeds 10 % according to the parameters of the Smithsonian Institution, which indicate that the adequate shade for shade coffee plantations must be 60 % and a minimum of 40 %. (Rice and Drenning, 2003), which is achieved by applying pruning practices. That Institute recommends that not more than 60 % of the canopy or forest

Características ecológicas: Se observaron como árboles poco abundantes por cafetal, con presencia de nidos de aves y ardillas.

Usos: La madera se emplea para la fabricación de tablas y vigas, sin embargo, se aprecia por sus frutos comestibles a nivel local, además es fuente de alimento para la fauna silvestre.

Palo de zopilote (*Platymiscium* spp. Vogel)

Características biológicas: Con algunas epífitas en el tronco, 80 % cubierto. En las ramas son pocas, 48 % de ocupación. Del total 20 % son orquídeas. 10 % cubierto por musgo.

Características ecológicas: Se observaron en la parte más alta, tres nidos de ardillas.

Usos: Maderable: su madera es considerada a nivel local como de las mejores por su dureza y es utilizada para construcción de casas y artesanías.

Del total de árboles registrados, cuatro no son apreciados para sombra, ellos son: jonote colorado, jonote blanco, duraznillo y grevileo. Los más apreciados son el chalahuite y el chalame. El naranjo y el plátano, según los productores, no son buenos para sombra y solo los plantan por costumbre, pero los van eliminando paulatinamente, sin embargo, se dejan algunos ejemplares con el fin de que haya alimento para la fauna silvestre y, aunque se sacrifique el rendimiento del café, se compensa con el cumplimiento del cafetal en la proporción de este servicio.

Como cobertura, la vegetación desempeña importantes funciones en el equilibrio de los ecosistemas, el dosel de una selva no perturbada intercepta casi el 35% de la lluvia, sirve de protección contra agentes erosivos, ayuda en la regulación del ciclo hidrológico, y el control de la oscilación térmica, entre otros efectos positivos, apenas se empieza a descubrir la importancia de las selvas en la estabilización de los patrones climáticos mundiales. Es capaz de absorber la energía cinética de la lluvia, haciendo que cuando menos un tercio de la que llega al suelo lo haga en forma de llovizna y escurrimiento por los troncos de las plantas, disminuye la acción del viento y la escorrentía, al retener al suelo con su raíz y con su aporte de materia orgánica que favorece la infiltración y reduce la escorrentía, y mediante su sombra y transpiración regula el microclima cercano a la superficie del suelo (Villarreyña et al., 2020).

La captación de agua de lluvia, el control del arrastre de suelo, la regulación del clima, el mantenimiento de

cover consists of the species of the *Inga*. Also, only 10 different tree species are needed, of which, each species must represent at least 1 % of the total of the existent species, for the coffee plantations to receive the “bird friendly” certification.

On the other side, tree species that constitute shade in coffee plantations from the Sierra Otomí-Tepehua, are very valued by local people, due to their timber use, firewood, edible fruits, both for people and for wildlife, beekeeping interest, ornamental plants, among others. The greater the diversity of trees in the coffee plantation, the more the number of both plant and animal species or organisms will increase.

Bird friendly coffee

Within the coffee plantation, there are microenvironments preferred by certain birds, in particular, due to the fruit production from the shade trees, as well as the provision of house or nests. All this is generated by the existence of three or more arboreal strata in the coffee plantation, where birds perch on the emerging trees and from there they begin to descend on the lower strata. When a dried tree is found within the coffee plantation, woodpeckers are found on it, on many occasions, so they stay until the birds leave their nests (Figure 7).

las temperaturas estables, la filtración y la purificación del agua, son algunos de los servicios ambientales que proporcionan los bosques y selvas. La falta de cobertura vegetal causa un drenaje 10 a 20 veces más rápido del agua, con consecuencias graves y a veces desastrosas, por lo que los cafetales, al tener una cobertura vegetal importante en la región, deben verse como una opción de conservación (Ruelas et al., 2014; Villarreyna et al., 2020).

Villavicencio y Pérez (2005) señalan que en la zona Otomí-Tepehua la selva se localiza principalmente al SE y N de San Bartolo Tutotepec y la parte central y norte de Huehuetla y se caracteriza por la presencia de árboles que miden de 25 a 40 metros de alto como el ojite (*Brosimum alicatrum*), copal (*Protium copal*), chaca (*Bursera simaruba*), pahua (*Persea schiedeana*) y cedro (*Cedrela odorata*), estos dos últimos encontrados en los cafetales explorados. Es importante tener en cuenta que los bosques tropicales del mundo se les consideran como los ecosistemas más diversos y complejos que en conjunto alojan a más del 60 % de las plantas de la flora mundial y en Hidalgo no hay áreas naturales protegidas con selva.

La cobertura de sombra fue de 70 %, por lo que se excede en 10 % de acuerdo con los parámetros del Instituto Smithsonian que señalan que la sombra ade-



Figure 7. Dried tree with a nest of a woodpecker abandoned within the coffee plantation.
Figura 7. Árbol seco con nido de pájaro carpintero dejado dentro del cafetal.

Regarding the number of nests, it was interesting to observe that in a single chalame tree (*Ficus cotinifolia*), approximately 30 nests were counted among birds, squirrels, among others, which was not the most abundant, but the most important in terms of biodiversity preservation. Although with smaller number, in the orange tree (*Citrus sinensis*), diversity also was found in nests and furrows.

Probably, the height of the trees is the most important factor for the biodiversity, at least for the birds diversity, for this, the Smithsonian Institution recommends that backbone species be allowed to reach a minimum height of 12 m, in this case, the species that represents the backbone of the explored coffee plantations, is the chalahuite with an average height of 13 m and the emerging trees on average measure 20 meters such as the chalame and the pahua, followed by the mamey with 18 m, unlike the emerging trees reported for the Chatina region in Oaxaca by Castelán (2016) that exceed 30 meters and the backbone goes from 16 to 20 meters.

On the other side, it is known that the varied stratification of the vertical structure generates an increased bird diversity, for this, coffee growers should be encouraged to plant trees, both taller and shorter than the shade trees of the backbone. Thus, among the tallest trees, timber species can be included, shorter trees that can produce fruits, medicines, or other products.

Conclusions

From the 15 shade trees found within coffee plantations, nine are considered proper for providing shade, and they also are valued as timber trees, for their use as firewood and other uses. The jonote colorado, jonote blanco, duraznillo and grevileo trees, are not useful as shade trees.

The orange tree and banana are not very valued as shade trees; however, they are only planted due to the meaning they must provide food for birds and wild fauna.

One of the most preferred native trees is the chalame because it houses a vast number of epiphyte plants on its trunk and branches, also, it was the tree where the greater number of nests and furrows was found.

People recognize the value of trees as providers of water and ecosystem services in general. However, they feel unprotected due to the little support they receive from the coffee program in Hidalgo.

cuada para los cafetales de sombra debe ser de 60 % y mínimo de 40 % (Rice y Drenning, 2003), lo cual se logra aplicando prácticas de poda. El mismo instituto recomienda que no más del 60 % del dosel o cubierta forestal consista en las especies del género *Inga*. Además, solo se requieren 10 especies diferentes de árboles, de los cuales, cada especie debe representar por lo menos 1 % del total de especies presentes, para que los cafetales reciban la certificación “amigables con las aves”.

Por otra parte, las especies de árboles que constituyen la sombra en los cafetales de la Sierra Otomí-Tepehua, son muy apreciadas por la gente local, tanto por su uso maderable, leña, medicinal, frutos comestibles, tanto para la gente, como para la fauna silvestre, interés apícola, plantas de ornato, entre otros. Entre mayor sea la diversidad de árboles en el cafetal, más aumentará el número de especies tanto vegetales como animales u organismos.

Café amigable con las aves

Dentro del cafetal, existen microambientes que prefieren ciertas aves, sobre todo, por la producción de frutos de los árboles de sombra, así como la provisión de casa o nidos. Todo esto se genera por la existencia de tres o más estratos arbóreos dentro del cafetal, donde las aves se posan sobre los árboles emergentes y de ahí comienzan a descender sobre los estratos bajos. Cuando se detecta un árbol seco dentro del cafetal, en muchas ocasiones sobre el mismo, se encuentran viviendo pájaros carpinteros, por lo que permanecen hasta que las aves dejen sus nidos (Figura 7).

En cuanto al número de nidos, fue interesante observar que en un solo árbol de chalame (*Ficus cotinifolia*), se llegaron a contar aproximadamente 30 nidos de entre pájaros, ardillas, entre otros, que no fue el más abundante, pero sí, el más importante en cuanto a la conservación de la biodiversidad. Aunque con menor número, en el naranjo (*Citrus sinensis*), también se pudo encontrar diversidad en los nidos y madrigueras.

Probablemente de mayor importancia para la biodiversidad, al menos para la diversidad de las aves, sea la altura de los árboles; por lo que, el Instituto Smithsonian, recomienda que a las especies de la columna vertebral se les permita alcanzar una altura mínima de 12 m, en este caso, la especie que constituye la columna vertebral de los cafetales explorados es el chalahuite con una altura promedio de 13 m y los árboles emergentes en promedio tienen 20 metros como el chalame y la pahua, seguido del mamey con 18 m, a diferencia de los árboles emergentes reportados para la región Chatina en Oaxaca por Castelán (2016) que

It is expected that with this study, they will be motivated to continue growing coffee, by showing them the natural richness of the Otomí-Tepehua region.

Acknowledgement

To the Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café (CENACAFE) through Dr. Esteban Escamilla Prado and M. C. José Domingo Robledo Martínez for the support received at the initial stages of the project.

End of English version

References / Referencias

- Anta, F. S. (2006). El café de sombra: un ejemplo de pago por servicios ambientales para proteger la biodiversidad. *Gaceta ecológica*, (80), 19-31. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908002.pdf>
- Barrantes, E. R. (2014). Investigación: Un camino al conocimiento, Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto. San José, Costa Rica. EUNED
- Canet, B. G., Soto, V. C., Ocampo, T. P., Rivera, R. J., Navarro, H. A., Guatemala, M. G. M., y Villanueva, R. S. (2016). *La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y El Caribe*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. San José Costa Rica. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b896c22f1.pdf
- Castelán, L. M. (2016). Diversidad arbórea y silvicultura comunitaria en la región chatina de Oaxaca. En Ramos-Escamilla, M. (Ed.), *Desarrollo económico en México* (pp. 105-111). ECORFAN. México. <https://n9.cl/p7ct1>
- CEDRSSA. (2018). *El café en México: diagnóstico y perspectiva*. Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable y la Soberanía Alimentaria.
- Descamps, P. (2017). *Técnicas para la producción sostenible de café frente al cambio climático*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. San José Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F08-10929.pdf>
- Figueroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F., Godínez-Montoya, L., y Pérez-Figueroa, R. A. (2019). Los precios de café en la producción y las exportaciones a nivel mundial. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas Nueva Época*, 14(1), 41-56. <http://dx.doi.org/10.21919/remef.v14i1.358>
- Franco, S. L. M., y González, G. D. X. (2014). *El comportamiento de la producción del café en México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://n9.cl/g7dae>
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 5ta. Ed. Instituto de Geografía. UNAM. México.

superan los 30 metros y la columna vertebral va de los 16 a los 20 metros.

Por otra parte, se sabe que la estratificación variada de la estructura vertical genera un incremento en la diversidad de las aves, por ello, se debe exhortar a los cafecultores a plantar árboles tanto de mayor como de menor altura que los de sombra de la columna vertebral. Así, entre los árboles más altos, pueden incluirse especies maderables, árboles menos altos que puedan producir frutas, medicinas u otros productos.

Conclusiones

De los 15 árboles de sombra encontrados en los cafetales, nueve son considerados como buenos para la proporción de sombra, siendo además apreciados como maderables, para leña y otros usos. Los árboles jonote colorado, jonote blanco, duraznillo y grevileo, no son recomendables como árboles de sombra.

El naranjo y el plátano no son muy apreciados como árboles de sombra, sin embargo, solo los plantan por la importancia que tienen para la provisión de alimento para las aves y la fauna silvestre.

Uno de los árboles nativos mayormente preferidos es el chalame, ya que alberga una gran cantidad de plantas epífitas en su tronco y ramas, además, fue el árbol donde se contó el mayor número de nidos y madrigueras.

La gente reconoce el valor de los árboles como proveedores de servicios hídricos y ecosistémicos en general. Sin embargo, se sienten desprotegidos por el poco apoyo que reciben del programa del café en Hidalgo.

Se espera que con este estudio se motiven para seguir cultivando el café, al mostrarles la riqueza natural que se tiene en la región Otomí-Tepehua.

Agradecimiento

Al Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café (CENACAFE) a través del Dr. Esteban Escamilla Prado y M. C. José Domingo Robledo Martínez por el apoyo recibido en las etapas iniciales del proyecto.

Fin de la versión en español

- Guerrero-Carrera, J., Jaramillo-Villanueva, J. L., Mora-Rivera, J., Bustamante-González, A., Vargas-López, S., y Chulin-Estrella, N. (2020). Impacto del cambio climático sobre la producción de café. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(71), 1-18.
- Granados, S. D., López, R. G. F., Hernández, G. M.A., y Sánchez, G. A. (2003). Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9 (2), 101-111. <https://www.redalyc.org/pdf/629/62913142001.pdf>
- Hernández, S. M. I., y Travieso, B. A. C. (2021). Medidas de adaptación al cambio climático en organizaciones cafetaleras de la zona centro de Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(23), 1-14.
- INEGI. (2010). Compendio de información geográfica municipal 2010, Huehuetla, Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13027.pdf
- Libert, A. A., y Paz, P. F. (2018). Del papel a la acción en la mitigación y adaptación al cambio climático: la roya del cafeto en Chiapas. *Madera y Bosques*, (24), 1-24. Doi:10.21829/myb.2018.2401914
- Manson, R. H., Contreras, H. A., y López, B. F. (2008). Estudios de la biodiversidad en cafetales. En: R. Manson H., V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (Eds.), *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz, biodiversidad, manejo y conservación* (pp. 1-14). INECOL. México. <https://n9.cl/xq2r5>
- Moguel, P., y Toledo, V. M. (1996). El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias* (43), 40-51. <http://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/viewFile/11519/10844>
- Regalado, O. A. (2015). ¿Qué es la calidad en el café? Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Rice R. A., y Drenning J. (2003). *Manual de café bajo sombra*. Smithsonian Migratory Bird Center. Washington D.C.
- Ruelas, M. L. C., Nava, T. M. E. Cervantes, J., y Barradas L. V. (2014). Importancia ambiental de los agroecosistemas cafetaleros bajo sombra en la zona central del estado de Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 20 (3), 27-40. <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n3/v20n3a3.pdf>
- Rzedowski, J. (1988). *Vegetación de México*. LIMUSA. México, D.F.
- SADER. (2020). Segundo Informe de Labores de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://n9.cl/ddj1r>
- Sánchez, C. V., Avendaño, P. Y., Gaviria, A. A., y Gómez, C. (2018). Cambio climático y café (*Coffea arabica*) en Acevedo, Huila: una lectura desde sus cultivadores. *I + D Revista de Investigaciones*, 12(2), 59-69. <https://doi.org/10.33304/revinv.v12n2-2018006>
- Sosa, F. V., López, B. F., Hunter, M. R., y Jiménez, V. L. (2020). Biodiversidad en cafetales. En: López-Morgado R. y Díaz-Padilla G. (Eds.) *Diagnóstico, productividad y ambiente en cafetales: estudios regionales y de caso* (pp. 361-398). SADER. INIFAP.
- Villarreyana, R., Avelino, J., y Cerda, R. (2020). Adaptación basada en ecosistemas: efecto de los árboles de sombra sobre servicios ecosistémicos en cafetales. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 499-516. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.37591>
- Villavicencio, N. M. A., y Pérez, E. B. E. (2005). *Guía de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomí-Tepehua, Hidalgo I*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.