

Revista mexicana de ciencias forestales

ISSN: 2007-1132

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas
y Pecuarias

Sánchez Hernández, Sergio; Mendoza Briseño, Martín Alfonso; García Hernández, Raúl Vidal
Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables

Revista mexicana de ciencias forestales, vol. 8, núm. 40, Marzo-Abril, 2017, pp. 07-18

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63454557002>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Artículo / Article

Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables

Diversification of the traditional shadow of coffee trees in Veracruz through timber species

Sergio Sánchez Hernández¹, Martín Alfonso Mendoza Briseño² y Raúl Vidal García Hernández³

Resumen

La región centro del estado de Veracruz se considera una de las más importantes productoras de café bajo sombra y la innovación en la cafecultura estatal ha aportado numerosas mejoras en beneficio de los productores y de los consumidores. La diversificación con árboles maderables es una de ellas. Con el fin de documentar la existencia y las formas de utilización de la madera y los aportes económicos de especies arbóreas introducidas en fincas de café de sombra en el centro del estado de Veracruz, se realizaron entrevistas semiestructuradas en Huatusco y Coatepec, y se identificó a las principales especies maderables. Se reconocieron especies introducidas y nativas o de la región; de las primeras, destacan el cedro rosado de la India (*Acrocarpus fraxinifolius*), grevilia (*Grevillia robusta*), tulipán de la India (*Spathodea campanulata*), bracinga (*Mimosa scabrella*), piocho (*Azadirachta indica*), duela (*Schizolobium parahyba*) y la primavera (*Tabebuia chrysantha*). De las del segundo tipo, ixpepelt (*Trema micrantha*), texmol (*Quercus robur*), cacaotillo (*Viola guatemalensis*), cedro rojo (*Cedrela odorata*), mango (*Mangifera indica*), vainillo (*Inga vera*), roble (*Quercus laurina*) y pambacillo (*Alchornea latifolia*). Los productores prefieren la madera de cedro rojo y de encino, conocido localmente como tezmol, pero para leña, encino, cedro rosado, pambacillo o vainillo, y este último para sombra de cafetales.

Palabras clave: Café a sombra, cafecultura, especies maderables tropicales, diversificación, uso de la madera, Veracruz.

Abstract

The central region of the state of Veracruz is considered one of the most important producers of shade coffee and the innovation coffee at the state has brought many improvements to the benefit of producers and consumers. Diversification with timber trees is one of them. In order to document the existence and the forms of wood utilization and the economic contributions of tree species introduced in shade coffee farms in the center of the state of Veracruz, semi-structured interviews were conducted in Huatusco and Coatepec, and the main timber species were recognized. Introduced and native or from the region species were found. Of the first kind, there are the pink cedar of India (*Acrocarpus fraxinifolius*), grevilia (*Grevillia robusta*), tulip of India (*Spathodea campanulata*), bracinga (*Mimosa scabrella*), piocho (*Azadirachta indica*), duela (*Schizolobium parahyba*) and primavera (*Tabebuia chrysantha*). Native species include ixpepelt (*Trema micrantha*), texmol (*Quercus robur*), cacaotillo (*Viola guatemalensis*), red cedar (*Cedrela odorata*), mango (*Mangifera indica*), vainillo (*Inga vera*), oak (*Quercus laurina*) and pambacillo (*Alchornea latifolia*). Producers prefer the wood of red cedar and oak, but in the case of firewood they rather use oak, pink cedar, pambacillo and vainillo. For shade of coffee plantations, growers prefer the latter.

Key words: Shade coffee, coffee cultivation, tropical timber species, diversification, use of wood, Veracruz.

Fecha de recepción/Reception date: 28 de julio de 2016; Fecha de aceptación/Acceptance date: 25 de enero de 2017.

¹ Programa de Posgrado, Colegio de Postgraduados. México. Correo-e: sergio.sanchez@colpos.mx

² Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México.

³ Campo Experimental Pabellón de Arteaga, CIR Norte Centro, INIFAP, México.

Introducción

El cultivo de café en México se inició como un agrosistema múltiple, asociado generalmente con especies arbóreas nativas y con escaso manejo e insumos, así como con bajo rendimiento denominado rústico (Escamilla, 2015). En la actualidad, abundan los sistemas parecidos a los originales, como los sistemas tradicionales. Éstos últimos, en general, son de extensión pequeña y mantienen una estructura arbórea diversa; el estrato arbustivo, en su totalidad consiste casi exclusivamente de cafetos (Escamilla y Díaz, 2002; Escamilla, 2015). Los sistemas de producción de café se clasifican en cinco tipos: sistema rústico de café, policultivo tradicional, policultivo comercial, monocultivo sombreado y monocultivo sin sombra (Escamilla, 2015).

La región centro del estado de Veracruz se considera una de las más importantes productoras de café bajo sombra, en ella destacan los sistemas tradicional, de sombra y de sombra comercial.

Algunas características del sistema rústico de café son el uso bajo o nulo de agroquímicos y labores agrícolas mínimas (solo algunas podas y eliminación de arbustos del dosel bajo). La mayoría de las especies nativas y palmas nativas (Pérez y Geissert, 2004) se conservan como parte del sistema, debido al uso comercial o tradicional que se les da y al uso de mano de obra familiar. Este tipo de cafetales constituye un sistema agroforestal, en el cual el café es como un producto hortícola no maderable (Rice y Ward, 1996; Moguel y Toledo, 1999a; 1999b).

De los taxa arbóreos nativos de las zonas cafetaleras del centro de Veracruz se obtiene madera de buena calidad para los mercados locales o regionales; por ejemplo, del guanacastle, aguacate, liquidámbar, ciprés, nogal, fresno, y encinos blancos y rojos, cuyas propiedades son apreciadas para la fabricación de muebles, y con resistencia media para uso en la construcción. En los años recientes se han introducido especies con doble propósito (sombra y madera), algunas de ellas son *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., *Mimosa scabrella* Benth. y *Melia azedarach* L., que también resultan de interés económico para los productores. En los cafetales rústicos existen, además de los árboles de sombra, otros de usos múltiples, que contribuyen con varios servicios ambientales (Soto *et al.*, 1999; Beer *et al.*, 2003; McDonald, 2003; Rojas *et al.*, 2004; Soto *et al.*, 2006; 2007).

Los sistemas tradicionales de café suelen tener un número menor de especies en el dosel, que por lo general cumplen con la función primordial de proporcionar sombra. Los árboles pueden ser comercializados como combustible o madera y, en otros casos, para obtener frutos comerciales. En la actualidad la investigación del café también está dirigida hacia las variedades tolerantes a enfermedades como la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome), mediante el desarrollo de híbridos F1 en

Introduction

Coffee cultivation in Mexico began as a multiple agrosystem, generally associated with native tree species with low management and inputs, as well as with low yields called rústico (Escamilla, 2015). At present, systems similar to the original ones are abundant, as the traditional systems. In general they are of small extension, maintain a diverse tree structure; the shrub stratus, in its entirety consists almost exclusively of coffee trees (Escamilla and Díaz, 2002; Escamilla, 2015). The coffee production systems are classified into five types: rustican coffee system, traditional polyculture, commercial polyculture, shaded monoculture and monoculture without shade (Escamilla, 2015).

The central region of Veracruz State is considered one of the most outstanding producers of shade coffee, in which they emphasize traditional, shade and commercial shade systems are particularly important.

Some characteristics of the rustic coffee system are the low or no use of agrochemicals and minimal agricultural work (only some pruning and removal of low canopy shrubs). Most of the native species and native palms (Pérez and Geissert, 2004) are conserved as part of the system, due to the commercial or traditional use and the use of family labor. This type of coffee plantations constitutes an agroforestry system, in which coffee is a non-timber horticultural product (Rice and Ward, 1996; Moguel and Toledo, 1999a; 1999b).

From the tree native taxa to the coffee-growing areas of the center of Veracruz, wood of good quality is obtained for local or regional markets; for example, *guanacastle*, avocado, *liquidámbar*, cypress, walnut, ash, and white and red oak, whose properties are appreciated for the manufacture of furniture, and medium strength for construction. In recent years, species with a double purpose (shade and wood) have been introduced, some of which are *Acrocarpus fraxinifolius* Arn., *Mimosa scabrella* Benth. and *Melia azedarach* L., which are also of economic interest to producers (Soto *et al.*, 1999; Beer *et al.*, 2003; McDonald, 2003; Rojas *et al.*, 2004; Soto *et al.*, 2006; 2007).

Traditional coffee systems tend to have fewer species in the canopy, which usually fulfill the primary function of providing shade. Trees can be marketed as fuel or wood and, in other cases, to obtain commercial fruits. At present, coffee research is also directed towards varieties tolerant to diseases such as rust (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome), through the development of F1 hybrids in some research centers (Van der Vossen *et al.*, 2015). Agroforestry systems are designed for viability within the socio-economic, political-cultural and geographic-ecological complexity of a region (Álvarez, 2003).

algunos centros de investigación (Van der Vossen *et al.*, 2015). Los sistemas agroforestales son diseñados para viabilidad dentro de la complejidad socioeconómica, político-cultural y geográfico-ecológica de una región (Álvarez, 2003).

Con base en lo anterior, los objetivos de este trabajo consistieron en documentar la existencia y las formas de utilización de la madera y los aportes económicos de especies arbóreas introducidas en fincas de café de sombra en el centro del estado de Veracruz.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en los cafetales del centro de Veracruz. Se seleccionó a cinco fincas para realizar el trabajo de campo por ser cooperantes y poseer un conocimiento amplio del sistema de producción de café. En la región de Huatusco se ubicaron cuatro (Finca Kassandra, Finca de Bernardi, Finca Ismael Gómez y Finca Genaro Morales); para el segundo sitio, Coatepec, se visitó la Finca La Herradura (Cuadro 1).

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas mediante un diálogo a los representantes de cada una de las fincas (Gueifus, 2002), complementadas con un recorrido por las parcelas; esto permitió reconocer las especies, así como evidenciar el conocimiento del productor sobre las mismas y del cultivo tradicional y comercial de café. Se abordaron los temas relacionados con el sistema de producción, la importancia de la sombra, la identificación de los árboles así como sus usos.

A partir de las entrevistas y de los recorridos de campo se identificaron las especies con características maderables reconocidas por los productores. Se describió la utilidad de cada una de ellas, y se registraron sus nombres científicos a partir de estudios previos en la región (Niembro *et al.*, 2010). Los temas abordados fueron utilidad, manejo, importancia del árbol en el cafetal, origen, ventas, mercado de la madera, y competencia con el cafeto.

Based on the above, the objectives of this work were to document the existence and the forms of use of wood and the economic contributions of tree species introduced in shade coffee farms in the center of the state of Veracruz.

Materials and Methods

The research was carried out in the coffee plantations of the center of Veracruz. Five estates were selected to perform the fieldwork for being cooperating and having a broad knowledge of the coffee production system. In the region of Huatusco were located four (Finca Kassandra, Finca de Bernardi, Finca Ismael Gómez and Finca Genaro Morales); for the second site, Coatepec, Finca La Herradura was visited (Table 1).

Semi-structured interviews were applied through a dialogue to the representatives of each of the farms (Gueifus, 2002), complemented with a round of the plots; this allowed to recognize the species, as well as to demonstrate the knowledge of the producer about them and of the traditional and commercial cultivation of coffee. Topics related to the production system, the importance of shade, the identification of trees and their uses were discussed.

From the interviews and from the field trips, the species with timber characteristics recognized by the producers were identified. The use of each was described, and their scientific names were recorded from previous studies in the region (Niembro *et al.*, 2010). The topics addressed were utility, management, importance of the tree in the coffee plantation, origin, sales, timber market, and competition with coffee.



Cuadro 1. Datos de las fincas estudiadas.

| Finca | Ubicación | Altitud (msnm) | Tipo de propiedad | Clima | Suelo | Georreferenciación Coordenadas* | Superficie (ha) |
|----------------------|-----------------|----------------|-------------------|------------|--|----------------------------------|-----------------|
| Finca La Herradura | Coatepec, Ver. | 1 320 | Privada | Semicálido | Acrisol, Andosol en sus diferentes variantes | 19°31'11.94" N 96°56'36.21" O | 5 |
| Finca Kassandra | Axocuapan, Ver. | 1 420 | Privada | Semicálido | Acrisol, Andosol en sus diferentes variantes | 19°11'07.7" N 96°57'33.0" O | 50 |
| Finca de Bernardi | Comapa, Ver. | 1 050 | Privada | Semicálido | Acrisol, Andosol en sus diferentes variantes | 19° 0'27.7" N 96°53'26.8" O | 120 |
| Finca Ismael Morales | Comapa, Ver. | 950 | Privada | Semicálido | Acrisol, Andosol en sus diferentes variantes | 19°09'52.3" N 96°52'48.3" O | 3 |
| Finca Genaro Gómez | Comapa, Ver. | 970 | Ejidal | Semicálido | Acrisol, Andosol en sus diferentes variantes | 19°10'52.2" N 96°53'18.5" O | 3 |

* = GPS Etrex® H | Garmin

Table 1. Data of the estates studied.

| Estate | Location | Altitude (masl) | Kind of property | Climate | Soil | Georeferenciation Coordinates* | Area (ha) |
|-----------------------------|------------------------|-----------------|------------------|-----------|--|----------------------------------|-----------|
| <i>Finca La Herradura</i> | <i>Coatepec, Ver.</i> | 1 320 | Private | Semicalid | Acrisol, Andosol in their different variants | 19°31'11.94" N 96°56'36.21" W | 5 |
| <i>Finca Kassandra</i> | <i>Axocuapan, Ver.</i> | 1 420 | Private | Semicalid | Acrisol, Andosol in their different variants | 19°11'07.7" N 96°57'33.0" W | 50 |
| <i>Finca de Bernardi</i> | <i>Comapa, Ver.</i> | 1 050 | Private | Semicalid | Acrisol, Andosol in their different variants | 19°10'27.7" N 96°53'26.8" W | 120 |
| <i>Finca Ismael Morales</i> | <i>Comapa, Ver.</i> | 950 | Private | Semicalid | Acrisol, Andosol in their different variants | 19°09'52.3" N 96°52'48.3" W | 3 |
| <i>Finca Genaro Gómez</i> | <i>Comapa, Ver.</i> | 970 | Ejidal | Semicalid | Acrisol, Andosol in their different variants | 19°10'52.2" N 96°53'18.5" W | 3 |

* GPS Etrex® H | Garmin

Resultados y Discusión

Tres fincas se consideran como cafetales de sombra tradicional, y dos con sombra comercial. Estas últimas son *Kassandra* y *La Herradura*, las cuales aportan un ingreso adicional para los propietarios.

El uso de diferentes taxa arbóreos dentro del cafetal es una práctica que los propietarios realizan desde hace mucho tiempo. Los motivos relacionados con la inclusión de un árbol son diversos; principalmente se buscan especies que se acoplen positivamente con el arbusto de café. Los árboles deben proporcionar una sombra ligera y un suministro continuo de hojarasca de fácil desintegración, que nutra el suelo del cafetalero; deben ser de raíces cortas y ligeras, que no interfieran con la raíz del cultivo principal, el café. Actualmente, los productores buscan árboles que generen beneficios económicos adicionales como los maderables, frutales, ornamentales y fijadores de nitrógeno, entre otros (Robledo, 2015) (cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Datos aproximados por la venta de frutos y café cereza.

| Especie | Producción (Kg ha ⁻¹) | Costo (\$ kg ⁻¹) | Total (\$ ha ⁻¹) |
|---------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Café | 5 000 | 10 | 50 000 |
| Naranja china | 20 | 6 | 2 000 |
| Macadamia | 2 500 | 36 | 87 500 |

Los datos derivados de la encuesta indican que la venta de café cereza genera ganancias anuales continuas, en contraste con la de subproductos como tablas, postes, moldes y frutos. Los entrevistados mencionaron que anticipaban que los

Results and Discussion

Three estates are considered as traditional shade coffee plantations, and two with commercial shade. The latter are *Kassandra* and *La Herradura*, which provide additional income for the owners.

The use of different tree taxa within the coffee plantation is a practice that the owners have had for a long time. The reasons related to the inclusion of a tree are diverse; mainly they look for species that are positively coupled with the coffee bush. Trees should provide a light shade and a continuous supply of easily disintegrating litter, which nourishes the coffee grower's soil; they must be of short and light roots, which do not interfere with the root of the main crop, coffee. Currently, producers are looking for trees that generate additional economic benefits such as timber, fruit, ornamental and nitrogen fixers, among others (Robledo, 2015) (tables 2 and 3).

Table 2. Approximate data for the sale of fruits and cherry coffee.

| Species | Production (Kg ha ⁻¹) | Cost (\$ kg ⁻¹) | Total (\$ ha ⁻¹) |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Coffee | 5 000 | 10 | 50 000 |
| Chinese orange | 20 | 6 | 2 000 |
| Macadamia | 2 500 | 36 | 87 500 |

Data derived from the survey indicate that the sale of cherry coffee generates continuous annual profits, in contrast to that of by-products such as tables, posts, molds and fruits. The interviewees mentioned that they anticipated that the income from the wood would be sporadic, that is, it is possible that few trees are sold a year, to whom it may have the means to

ingresos por la madera serían esporádicos, es decir, es posible que se vendan pocos árboles al año, a quien pueda tener los medios para extraerlos e industrializarlos, ya que el cafecultor no contempla estas tareas (cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Ingresos por la venta ocasional de árboles.

| Especie | Ingreso neto (\$ árbol ⁻¹) | Árboles (n ha ⁻¹) | Total (\$ ha ⁻¹) |
|--------------|---|----------------------------------|---------------------------------|
| Texmol | 2 925 | 4 | 11 700 |
| Mango | 1 000 | 3 | 3 000 |
| Ixpepetl | 2 360 | 3 | 7 020 |
| Cedro rojo | 2 600 | 4 | 10 400 |
| Cedro rosado | 48 | 100 | 4 800 |

El manejo de las especies del cafetal es una actividad en la que el productor decide lo que siembra o elimina. Sus necesidades biológicas, económicas y culturales lo llevan a diseñar el cafetal con determinados árboles (Cruz, 2004; Martínez *et al.*, 2004), de acuerdo a los elementos con los que cuenta. Es así como la diversidad en el cafetal depende del propósito del dueño de la finca; por ejemplo, vainillo, del género *Inga*, fue promovida por el Instituto Mexicano del Café (Inmecafé), ya que fija nitrógeno. El cedro rosado y el vainillo son susceptibles al ataque de insectos defoliadores, pero el daño no es mortal. Los entrevistados consideran que ambas especies son aptas para intercalar en el cafetal. Cabe agregar que la madera de cedro rosado tiene un buen mercado, motivo por el cual la Comisión Nacional Forestal de México (Conafor) lo promovió durante dos años.

El presente estudio evidencia un grupo selecto de especies presentes en los cafetales de la región de Coatepec y Huatusco. La principal es el café, las otras son opciones que se pueden plantar dentro de su finca, que en cualquier momento las sustituyen por nuevas o recuperan otras que habrían desechado. Entonces, es pertinente mencionar que las decisiones de los dueños de los cafetales están en constante dinamismo que hace inciertos determinados sistemas productivos, como son los sistemas agroforestales con especies maderables, frutales y ornamentales.

Con base en este dinamismo, cabe aceptar lo planteado por algunas de las investigaciones previas efectuadas por Dzib (2003), Beer *et al.* (2003), Rojas *et al.* (2004), y Jende y Jürgen (2006). Estos trabajos destacan que, entre los usos de las especies arbóreas utilizadas como sombra en las fincas cafetaleras, el maderable puede ser una buena alternativa para generar ingresos, cuando la producción de café no sea redituable o para tener flujo de efectivo entre cosechas. En relación a la edad de los cafetales, los hay de dos hasta

extract and industrialize them, since the coffee grower does not contemplate these tasks (tables 3 and 4).

Table 3. Income from the occasional sale of trees.

| Species | Net income (\$ tree ⁻¹) | Trees (n ha ⁻¹) | Total (\$ ha ⁻¹) |
|------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| Texmol | 2 925 | 4 | 11 700 |
| Mango | 1 000 | 3 | 3 000 |
| Ixpepetl | 2 360 | 3 | 7 020 |
| Red cedar | 2 600 | 4 | 10 400 |
| Pink cedar | 48 | 100 | 4 800 |

Management of coffee species is an activity in which the producer decides what he sows or eliminates. Its biological, economic and cultural needs lead him to design the coffee plantation with certain trees (Cruz, 2004; Martínez *et al.*, 2004), according to the elements that it has. Thus, the diversity in the coffee plantation depends on the purpose of the owner of the estate; for example, vanilla, of the genus *Inga*, was promoted by the *Instituto Mexicano del Café* (Mexican Coffee Institute) (*Inmecafé*), as it fixes nitrogen. Pink cedar and vanilla are susceptible to attack by defoliating insects, but the damage is not fatal. Interviewees consider that both species are suitable for intercropping in the coffee plantation. It is possible to add that the pink cedar wood has a good market, a reason why the *Comisión Nacional Forestal* (National Forest Commission of Mexico) (Conafor) promoted it during two years.

The present study evidences a select group of species present in the coffee plantations of the region of Coatepec and Huatusco. The main one is coffee, the others are options that can be planted inside the estate, which at any time can be replaced by new ones or recover others that had been discarded. It is therefore pertinent to mention that the decisions that the owners of the coffee plantations take are in constant dynamism, making some productive systems rather uncertain, such as agroforestry systems with timber, fruit and ornamental species.

Based on this dynamism, it can be accepted what was posed by some of the previous research done by Dzib (2003), Beer *et al.* (2003), Rojas *et al.* (2004), Jende and Jürgen (2006). These studies highlight that, among the uses of tree species used as shade on coffee estates, timber can be a good alternative to generate income, when coffee production is not profitable or to have cash flow between harvests. In relation to the age of coffee plantations, there are from two to 25 years, which is part of the strategy that producers have to ensure the coffee harvest every year.



25 años, lo que es parte de la estrategia que tienen los productores para asegurar la cosecha de café todos los años.

Los usos principales para las diferentes especies (Cuadro 4) fueron la madera para construcciones rústicas, como tablas, postes, vigas, leña para la preparación de alimentos y para tostar el fruto de la nuez de macadamia (Finca Cassandra y La Herradura); el aporte de nitrógeno al suelo para nutrición del café con especies como vainillo, cedro rosado, *bracatinga* y *grevilia* (Figura 1), principalmente, debido a la materia orgánica que generan en el suelo por la descomposición de las hojas. Aguilera (2009) identificó 31 especies, 28 árboles y 3 arbustos, los cuales se destinan a combustible (leña) en comunidades de Coatepec.

The main uses for the different species (Table 4) were wood for rustic constructions such as boards, posts, beams, firewood for food preparation and to toast the fruit of macadamia nut (*Finca Cassandra* and *La Herradura*); the contribution of nitrogen to the soil for coffee plant nutrition with species such as vanilla, pink cedar, *bracatinga* and *grevilia* (Figure 1), mainly due to the organic matter that they generate in the soil from the decomposition of leaves. Aguilera (2009) identified 31 species, 28 trees and 3 shrubs, which are used for fuel (firewood), in a study carried out in Coatepec communities.

Table 4 lists the species with timber characteristics recognized by the producers. There are other coffee regions in which the tree species have also been incorporated; thus, in an



A) Aserrado de madera de Ixpetel. B) Secado de la tabla obtenida. C) Acarreo de la tabla para construcciones rurales. D) Secado de la madera a la sombra.

Figura 1. Usos de la madera: tablas para construcciones rústicas y leña.

Figure 1. Uses of wood: boards for rustic constructions and firewood.

En el Cuadro 4 se reúnen las especies con características maderables reconocidas por los productores. Existen otras regiones cafetaleras en las que también se han incorporado las especies arbóreas; así, en un sistema agroforestal en Chiapas, Soto (1999) registró más de 60 especies leñosas en el estrato arbóreo, que se aprovechan como alimento (49.1 %), leña (31.8 %), y construcción rural (10.4 %) y también otros usos como la fabricación de artesanías, cercos vivos, usos domésticos, resinas, colorantes, condimentos, cercos muertos, ornamentales y medicinales.

agroforestry system in Chiapas, Soto (1999) recorded more than 60 woody species in the tree stratum, which are used as food (49.1 %), firewood (31.8 %), and rural construction (10.4 %), as well as others such as the manufacture of handicrafts, live fences, domestic tools, resins, dyes, condiments, dead fences, ornamental and medicinal uses.



Cuadro 4. Principales usos de los árboles con características maderables, identificadas por los productores de la región centro de Veracruz.

| Especie | Principales usos | | | | | Aporte de materia orgánica (N) |
|--|---------------------|--------------------------|-----------|----------------|-----------|--------------------------------|
| | Nombre común | Sombra | Leña | Madera | Frutos | |
| <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Arn. | Cedro rosado | FKA | FISM, FGE | | | |
| <i>Mimosa scabrella</i> Benth. | Bracatinga | FHE, FKA | | | | FHE, FKA |
| <i>Melia azedarach</i> L. | Piocho | FHE | FISM | FISM, FGE, FBE | | FHE, FKA |
| <i>Grevillea robusta</i> A.Cunn. ex R.Br. | Grevílea | FHE, FBE | | | | |
| <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. | Neem | FHE | | | FHE | |
| <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv. | Tulipán de la India | FHE | | | | |
| <i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche | Macadamia | | | | FKA | |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | Ixpepetl | FBE, FHE | | | | |
| <i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham. | Texmole | FISM, FGE | FISM, FGE | | | |
| <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake | Duela | FGE, FISM | | | | FGE, FISM |
| <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson | Primavera | FGE, FISM | | FGM, FISM | | |
| <i>Mangifera indica</i> L. | Mango | | FISM | FISM | FGM, FISM | |
| <i>Virola guatemalensis</i> (Hemsl.) Warb. | Cacaotillo | FISM, FGE | FISM, FGE | | | |
| <i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham | Roble | | FISM, FGE | FISM, FGE | | |
| <i>Quercus laurina</i> Bonpl. | Encino rojo | FBE | FISM, FGE | FISM, FGE | | |
| <i>Cedrela odorata</i> L. | Cedro rojo | | FISM | FISM | | |
| <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh. | Fresno | FKA | | | | |
| <i>Inga vera</i> Willd. | Chalahuite | FKA, FISM, FHE, FGE, FBE | | | | FKA, FISM, FHE, FGE, FBE |
| <i>Inga edulis</i> Mart. | Vainillo | FISM, FKA, FGE, FBE | | | | FISM, FKA, FGE, FBE |

FHE = Finca La Herradura; FKA = Finca Kassandra; FBE = Finca de Bernardi; FISM = Finca Ismael Morales; FGE = Finca Genaro Gómez.



Table 4. Main uses of trees with timber characteristics, identified by producers in the central region of Veracruz.

| Species | Main uses | | | | | Contribution of organic matter (N) |
|--|-------------------|--------------------------|-----------|----------------|-----------|------------------------------------|
| | Common name | Shadow | Firewood | Timber | Fruits | |
| <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Arn. | Pink cedar | FKA | FISM, FGE | | | |
| <i>Mimosa scabrella</i> Benth. | <i>Bracatinga</i> | FHE, FKA | | | | FHE, FKA |
| <i>Melia azedarach</i> L. | <i>Piocho</i> | FHE | FISM | FISM, FGE, FBE | | FHE, FKA |
| <i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R. Br. | <i>Grevilea</i> | FHE, FBE | | | | |
| <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. | Neem | FHE | | | FHE | |
| <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv. | India tulip | FHE | | | | |
| <i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche | Macadamia | | | | FKA | |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | <i>Ixpepetl</i> | FBE, FHE | | | | |
| <i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham. | <i>Texmole</i> | FISM, FGE | FISM, FGE | | | |
| <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake | <i>Duela</i> | FGE, FISM | | | | FGE, FISM |
| <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson | <i>Primavera</i> | FGE, FISM | | FGM, FISM | | |
| <i>Mangifera indica</i> L. | Mango | | FISM | FISM | FGM, FISM | |
| <i>Viola guatemalensis</i> (Hemsl.) Warb. | <i>Cacaotillo</i> | FISM, FGE | FISM, FGE | | | |
| <i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham | Oak | | FISM, FGE | FISM, FGE | | |
| <i>Quercus laurina</i> Bonpl. | Red oak | FBE | FISM, FGE | FISM, FGE | | |
| <i>Cedrela odorata</i> L. | Red cedar | | FISM | FISM | | |
| <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh. | Ash | FKA | | | | |
| <i>Inga vera</i> Willd. | <i>Chalahuite</i> | FKA, FISM, FHE, FGE, FBE | | | | FKA, FISM, FHE, FGE, FBE |
| <i>Inga edulis</i> Mart. | <i>Vainillo</i> | FISM, FKA, FGE, FBE | | | | FISM, FKA, FGE, FBE |

FHE = La Herradura Estate; FKA = Kassandra Estate; FBE = de Bernardi Estate; FISM = Ismael Morales Estate; FGE= Genaro Gómez Estate.

Se conocen los beneficios al suelo agrícola del café por la acción de los árboles fijadores de la familia Fabaceae, que suministran cantidades de materia orgánica altas en nitrógeno, y, en consecuencia, mejoran las condiciones físicas, químicas y biológicas del sustrato, por efectos de la descomposición de las hojas que tiran (Khalajabadi, 2008; Youkhana e Idol, 2009).

En el Cuadro 5 se muestra la distribución de las especies en las diferentes fincas, entre las que destacan el vainillo y el cedro rosado como las de mayor presencia, pues se les registró en las cinco fincas estudiadas. Otros árboles como ixpepetl, macadamia, grevilea y los encinos, entre otros, en por lo menos dos de las fincas. Esto sugiere una alta importancia del estrato arbóreo como sombra de los cafetales así como la utilidad de las especies para los dueños del agrosistema (Robledo, 2015).

The benefits to the agricultural soil of the coffee tree are known by the action of the Fabaceae family fixing trees, which supply high quantities of organic matter in nitrogen, and, consequently, improve the physical, chemical and biological conditions of the substrate, due to the effects of the decomposition of the leaves they shed (Khalajabadi, 2008; Youkhana and Idol, 2009).

Table 5 shows the distribution of the species in the different estates, among which vanilla and pink cedar stand out as the ones with the greatest presence, since they were recorded in the five studied properties. Other trees such as ixpepetl, macadamia, grevilea and oaks, among others, in at least two of them. This suggests a high importance of the arboreal stratum as a shade of the coffee plantations as well as their usefulness for the agrosystem owners (Robledo, 2015).



Cuadro 5. Registro de las especies maderables por finca.

| Especies | Presencia en las fincas |
|--|-------------------------|
| <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Arn. | 5 |
| <i>Mimosa scabrella</i> Benth. | 2 |
| <i>Melia azedarach</i> L. | 1 |
| <i>Grevillia robusta</i> A. Cunn. ex R. Br. | 2 |
| <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. | 1 |
| <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv. | 2 |
| <i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche | 2 |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | 2 |
| <i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham. | 2 |
| <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake | 2 |
| <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson | 2 |
| <i>Mangifera indica</i> L. | 2 |
| <i>Viola guatemalensis</i> (Hemsl.) Warb. | 2 |
| <i>Quercus robur</i> L. | 2 |
| <i>Quercus laurina</i> Bonpl. | 2 |
| <i>Cedrela odorata</i> L. | 2 |
| <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh. | 1 |
| <i>Inga vera</i> Willd. | 5 |

De acuerdo con Escamilla (2015), los sistemas de manejo tradicional constan del cultivo de café junto con diferentes especies, como son árboles, arbustos, hierbas las cuales aportan un subproducto más al propietario de la finca. En el caso del sistema de café especializado, la macadamia es un caso exitoso porque aporta un ingreso importante, relativo al ingreso por ventas de café. En un estudio llevado a cabo el Atzacan, Ver., Hernández *et al.* (2012) refieren que la tendencia de los productores de café es establecer plantas ornamentales en lugar de café pues les resulta más rentable. En la región estudiada sería la producción de café bajo sombra de macadamia, o de especies maderables la opción con mejores ingresos netos.

A partir de los datos obtenidos en los recorridos y entrevistas con los propietarios cafetaleros, se mencionaron diversos problemas sanitarios, como la barrenación de yemas en cedro rojo, lo que según los productores, ha limitado el desarrollo pleno de la especie. El ataque es generalizado, pero cuando afecta a la yema apical, su crecimiento queda amenazado. El causante de este daño es el barrenador del follaje (*Hypsiphylia grandella* Zeller, 1848) (Pineda, 2014).

Table 5. Timber species recorded at each estate.

| Species | Presence at each estate |
|--|-------------------------|
| <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Arn. | 5 |
| <i>Mimosa scabrella</i> Benth. | 2 |
| <i>Melia azedarach</i> L. | 1 |
| <i>Grevillia robusta</i> A.Cunn. ex R.Br. | 2 |
| <i>Azadirachta indica</i> A. Juss. | 1 |
| <i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv. | 2 |
| <i>Macadamia integrifolia</i> Maiden & Betche | 2 |
| <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | 2 |
| <i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham. | 2 |
| <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake | 2 |
| <i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson | 2 |
| <i>Mangifera indica</i> L. | 2 |
| <i>Viola guatemalensis</i> (Hemsl.) Warb. | 2 |
| <i>Quercus robur</i> L. | 2 |
| <i>Quercus laurina</i> Bonpl. | 2 |
| <i>Cedrela odorata</i> L. | 2 |
| <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh. | 1 |
| <i>Inga vera</i> Willd. | 5 |

According to Escamilla (2015), traditional management systems consist of coffee cultivation along with different species, such as trees, shrubs, grasses, which contribute a further by-product to the owner of the farm. In the case of the specialized coffee system, macadamia is a successful case because it contributes a significant income, related to income from coffee sales. In a study carried out the Atzacan, Ver., Hernández *et al.* (2012) report that the tendency of coffee producers is to establish ornamental plants instead of coffee because they are more profitable. In the studied region it would be the production of coffee under shade of macadamia, or of timber species the option with better net income.

From the data obtained in the walks and interviews with the coffee owners, several health problems were mentioned, such as the budding of red cedar, which according to the producers, has limited the full development of the species. The attack is widespread, but when it affects the apical bud, its growth is threatened. The cause of this damage is the foliage borer (*Hypsiphylia grandella* Zeller, 1848) (Pineda, 2014).

Pink cedar is susceptible to infestation by defoliating ants (*Atta* sp.) and termites (*Cryptotermes brevis* Walker, 1853) and *Nasutitermes corniger* (Motshulsky) (Cibrián *et al.*, 1995); vanilla, *chalahuite* and *jinicuil*, all three of the genus *Inga*, are currently

El cedro rosado es susceptible de infestación por hormigas defoladoras (*Atta* sp.) y termitas (*Cryptotermes brevis* Walker, 1853) y *Nasutitermes corniger* (Motshulsky)) (Cibrián *et al.*, 1995); el vainillo, el chalahuite, y el jinicuil, las tres del género *Inga*, actualmente están siendo afectadas por especies del género *Hemiceras*, y también por plantas parásitas como el muerdago (*Viscum album* L.) (Arguedas, 2008).

En el árbol de macadamia se han identificado brotes de hongos (*Phytophthora* sp.) que están afectando a plantaciones en etapa productiva, e incluso se han perdido ejemplares debido a este hongo causante del amarillamiento del follaje (ANACAFÉ, 2004). Entre las especies exóticas susceptibles a estos ataques, están el cedro rosado de la India (FAO, 2007), la macadamia y la grevilia originarias de Australia (Nath *et al.*, 2011) y bracinga de Brasil (Mello *et al.*, 2012).

Conclusiones

El total de árboles reconocidos como los más importantes por parte de los productores fueron 18 especies, tanto locales como introducidas. Estos materiales son usados principalmente para sombra del cafeto, construcciones rústicas y leña. Dentro de las más utilizadas en el sistema agroforestal con café, se tienen las siguientes: cedro rosado, grevilia, duela, vainillo, encino, ixpepetl, macadamia y mango. Estas especies se continúan plantando, cosechando y reponiendo dentro de los cafetales debido a la estabilidad que dan al flujo de ingresos a mediano y largo plazo.

En la región de estudio se encontraron dos fincas con producción comercial de café bajo macadamia. En esta combinación se obtienen dos productos de alto valor, relativo al régimen de cultivo tradicional, representado en este estudio por tres otras fincas. En sistemas tradicionales como los estudiados aquí el principal ingreso es la venta de café cereza, y raramente por el comercio de frutos o madera. La importancia de sistemas tradicionales es que conservan una mayor riqueza en la composición florística de la sombra. 🌿

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Sergio Sánchez Hernández: trabajo de campo, captura de datos, análisis y escritura del documento; Martín Alfonso Mendoza Briseño: gestión de recursos financieros, redacción y revisión del documento; Raúl Vidal García Hernández: revisión del escrito y gestión de recursos financieros.

Referencias

Aguilera L., C. 2009. Conocimiento sobre la leña de tres comunidades cafetaleras del centro de Veracruz. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 94 p.

being affected by species of the genus *Hemiceras*, and also by parasitic plants such as *Viscum album* L. (Arguedas, 2008).

Fungi (*Phytophthora* sp.) has been found in macadamia trees and they are affecting plantations in productive stage, and some have even been lost because of this fungus that causes yellowing of foliage (ANACAFÉ, 2004). Among the exotic species susceptible to these attacks are the pink cedar of India (FAO, 2007), macadamia and grevilia from Australia (Nath *et al.*, 2011) and bracinga from Brazil (Mello *et al.*, 2012).

Conclusions

The total number of trees recognized as the most important by the producers was 18 species, both local and introduced. These materials are mainly used for shade of coffee, rustic constructions and firewood. Among the most used in the agroforestry system with coffee are pink cedar, grevilia, duela, vanilla, oak, ixpepetl, macadamia and mango. These species continue to be planted, harvested and replenished within the coffee plantations due to the stability they give to the flow of income in the medium and long term.

In the region of study two farms with commercial production of coffee under macadamia were found. In this combination two products of high value are obtained, relative to the traditional cultivation regime, represented in this study by three other farms. In traditional systems such as those studied here the main income is the sale of cherry coffee, and rarely by trade in fruits or wood. The importance of traditional systems is that they retain a greater richness in the floristic composition of the shade. 🌿

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Contribution by author

Sergio Sánchez Hernández: field work, data capture, analysis and writing and correction of the manuscript; Martín Alfonso Mendoza Briseño: management of financial resources, drafting and review of the manuscript; Raúl Vidal García Hernández: review of the manuscript and management of financial resources.

End of the English version



- Álvarez O., P. 2003. Introducción a la Agrosilvicultura. Editorial Félix Varela. La Habana, Cuba. 205 p.
- Arguedas G., M. 2008. Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San José, Costa Rica. 69 p.
- Asociación Nacional del Café (Anacafé). 2004. Programa de la diversificación de ingresos en la empresa cafetalera. Guatemala, Guatemala. 10 p.
- Beer, J., R. Muschler, D. Kass and E. Somarriba. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38(1-3):139-164.
- Beer, J., M. Ibrahim, E. Somarriba, A. Barrance and R. Leakey. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. In: Cordero, J. y D. H. Boshier (eds.). Árboles de Centroamérica. OFI/CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 197-242.
- Cibrián T., J., J. T. Méndez M., R. Campos B., Harry O. Tate III y J. E. Flores L. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 453 p.
- Cruz, A. 2004. La importancia del hilito blanco *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlecht.) Furlow, Betulaceae, en la sombra de cafetales de Xochitlán de Vicente Suárez, Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., México. 194 p.
- Dzib C., B. B. 2003. Manejo, almacenamiento de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica. 124 p.
- Escamilla P., E. y C. Díaz. 2002. Sistemas de cultivo de café en México. CRUO-CENIDERCAFE, Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 54 p.
- Escamilla P., E. 2015. Sistemas de cultivo de café en México. Memorias del Curso Anual de Cafeticultura Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario de Oriente. Huatusco, Ver., México. 94 p.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Ecocrop. *Acrocarpus fraxinifolius*, view crop and data sheet. <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/dataSheet?id=2780> (4 de diciembre de 2007).
- Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 208 p.
- Hernández M., F., A. L. Ilicona V., E. Pérez P., V. M. Cisneros S. y S. Díaz C. 2012. Diversificación productiva café-plantas ornamentales en La Sidra, Atzacan, Veracruz. *Revista de Geografía Agrícola* 48-49: 39-50.
- Jende, O. y H. A. Jürgen P. 2006. Forestación y reforestación en cafetales. In: Jürgen P., H. A., L. Soto P. y J. Barrera (eds.). El cafetal del futuro. Realidad y visiones. Shaker Verlag. Aachen, Germany. pp. 279-298.
- Khalajabadi, S. S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Cenicafe. Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico Núm. 32. 44 p.
- Martínez, M., V. Evangelista, M. Mendoza, F. Basurto y C. Mapes. 2004. Estudio de la pimienta gorda *Pimenta dioica* (L.) Merrill, un producto forestal no maderable de la Sierra Norte de Puebla, México. In: Alexiades, M. y P. Shanley (eds.). Productos forestales, medios de subsistencia y conservación. Estudios de caso sobre sistemas de manejo de productos forestales no maderables, América Latina. CIFOR. Bogor Barat, Indonesia. Vol. 3. pp. 23-41.
- McDonald, M. A., A. Hofny-Collins, J. R. Healey and T. C. R. Goodland. 2003. Evaluation of trees indigenous to the montane forest of the Blue Mountains, Jamaica for reforestation and agroforestry. *Forest Ecology and Management* 175(1-3):379-401.
- Mello, A. A., L. Nutto, K. S. Weber, C. E. Sanquetta, J. L. Monteiro de Matos and G. Becker. 2012. Individual biomass and carbon equations for *Mimosa scabrella* Benth. (Bracatinga) in southern Brazil. *Silva Fennica* 46(3): 333-343.
- Moguel, P. and V. M. Toledo. 1999a. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1):11-21.
- Moguel, P. and V. M. Toledo. 1999b. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico: a review. *Conservation Biology* 13(1): 1-11.
- Nath, C. D., R. Pélissier and C. García. 2011. Promoting native trees in shade coffee plantations of southern India: comparison of growth rates with the exotic *Grevillea robusta*. *Agroforest Systems* 83:107-119.
- Niembro R., A., M. Vázquez T. y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. Comisión del Estado Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. Xalapa, Ver., México. 256 p.
- Pérez P., E. y D. Geissert. 2004. Distribución potencial de palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.) en el estado de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2): 247-252.
- Pineda R., J. M. 2014. Aislamiento e identificación de la feromona sexual de *Hypsiphyla grandella* Zeller. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Edo. de Méx., México. 49 p.
- Rice, R. A. and J. R. Ward. 1996. Coffee, conservation, and commerce in the Western Hemisphere. Smithsonian Migratory Bird Center / Natural Resources Defense Council, Washington, DC., USA. 207 p.
- Robledo, E. 2015. La diversificación productiva en cafetales del centro de Veracruz. Centro Regional Universitario de Oriente. UACH. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco, Ver., México. 62 p.
- Rojas, F., R. Canessa y J. Ramírez. 2004. Incorporación de árboles y arbustos en los cafetales del valle central de Costa Rica. ICA-FE/ITCR. Cartago, Costa Rica. 151 p.
- Soto P., L. 1999. Manejo de especies arbóreas para sistemas agroforestales en la región maya tzotzil-tzeltal del norte de Chiapas. Conabio. México, D. F., México. 25 p.
- Soto P., L., H. J. de Jong B., E. Esquivel B. y S. Quechulpa. 2006. Potencial ecológico y económico de almacenamiento de carbono en cafetales. In: Jürgen P., H. A., L. Soto P. y J. Barrera (eds.). El cafetal del futuro. Realidad y visiones. Shaker Verlag. Aachen, Germany. pp. 373-380.
- Soto P., L., V. Villavazo L., G. Jiménez F., N. Ramírez M., G. Montoya and F. L. Sinclair. 2007. The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16(2):419-436.
- Van der Vossen, H., B. Bertrand and A. Charrier. 2015. Next generation variety development for sustainable production of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.): a review. *Euphytica* 204(2): 243-256.
- Youkhana, A. and T. Idol. 2009. Tree pruning mulch increases soil C and N in a shaded coffee agroecosystem in Hawaii. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 2527-2534.

