



Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente

ISSN: 2007-3828

rforest@correo.chapingo.mx

Universidad Autónoma Chapingo  
México

Villavicencio-Enríquez, Luis  
CARACTERIZACIÓN AGROFORESTAL EN SISTEMAS DE CAFÉ TRADICIONAL Y RÚSTICO, EN  
SAN MIGUEL, VERACRUZ, MÉXICO  
Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 19, núm. 1, enero-abril, 2013, pp.  
67-80  
Universidad Autónoma Chapingo  
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62926254005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# CARACTERIZACIÓN AGROFORESTAL EN SISTEMAS DE CAFÉ TRADICIONAL Y RÚSTICO, EN SAN MIGUEL, VERACRUZ, MÉXICO

## AGROFORESTRY CHARACTERIZATION IN TRADITIONAL AND RUSTIC COFFEE SYSTEMS IN SAN MIGUEL, VERACRUZ, MEXICO

Luis Villavicencio-Enríquez

University of Bangor, Gwynedd, Wales, U. K.

Correo-e: luvienz@yahoo.com, villavicencio@univ.bangor.ac.uk

### RESUMEN

Se realizaron caracterizaciones agroforestales en cafetales de tipo tradicional y rústico en la comunidad de San Miguel, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, con el objetivo de analizarlos y compararlos entre sí. Los resultados indican que ambos sistemas obtienen beneficios económicos similares aunque la composición de especies del dosel y los productos obtenidos son distintos. El principal producto económico son los árboles maderables (*Cedrela odorata*, *Robinsonella mirandae* y *Mastichodendron capirii*), seguido del café (*Coffea arabica* y *C. canephora*) y las palmas *Chamaedorea tepejilote* y *Chamaedorea elegans*. La relación beneficio/costo obtenida para la venta de los productos forestales y agrícolas indica una mayor ganancia económica para el sistema rústico de café (\$ 20,784.00-año<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>) respecto al sistema tradicional de café (\$ 19,236.00-año<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>). Aunque las ganancias en ambos sistemas son relativamente buenas, el efecto que este tipo de explotación tiene sobre los recursos forestales puede ser poco sustentable a través del tiempo, ya que en el sistema rústico no existen labores de reforestación. El sistema tradicional de café se encuentra en una mejor condición de sustentabilidad y producción a largo plazo, ya que los elementos utilizados para la comercialización de árboles maderables y para combustible son reforestados por la importancia comercial que éstos tienen.

#### PALABRAS CLAVE:

Agroforestería, palmas, productos forestales, sustentabilidad.

### ABSTRACT

Agroforestry characterizations were conducted in rustic and traditional coffee plantations in San Miguel, Amatlan de los Reyes, Veracruz, Mexico. The aim of the present study was to analyze and compare these systems. Results indicate that both systems gained similar economic benefits, although the species composition of the canopy and products obtained are different. Timber (*Cedrela odorata*, *Robinsonella mirandae* and *Mastichodendron capirii*), coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) and palms (*Chamaedorea tepejilote* and *Chamaedorea elegans*) are the main economic products. The benefit/cost ratio acquired by selling agricultural and forest products shows a greater economic profit for rustic coffee system (\$ 20,784.00-year<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>) compared to traditional coffee system (\$ 19,236.00-year<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>). Although both systems have relatively good gains, the effect that the rustic coffee system has on forest resources may be shortly sustainable over time, because reforestation does not occur in this case. Traditional coffee system is in a better condition of sustainability and long-term production, because the elements used in the marketing of timber and fuel are reforested due to their commercial importance.

KEYWORDS: Agroforestry, palms, forest products, sustainability.



Recibido: 11 de octubre de 2010  
Aceptado: 4 de diciembre de 2013  
doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.051  
<http://www.chapingo.mx/revistas>

## INTRODUCCIÓN

Algunos cultivos como el cacao y el café son componentes importantes en los sistemas agroforestales (SAF) tradicionales en países de América y Asia (Beer & Somarriba, 1999). En la mayoría de las regiones tropicales, los SAF de tipo tradicional se consideran policultivos multiestratificados, en donde la diversidad de especies de árboles con fines múltiples funciona como sombra a los cultivos como café, cacao y té (Raintree, 1989). Los SAF de café y cacao bajo sombra, debido a su compleja estructura y alta diversidad, son importantes para la conservación de las especies en países megadiversos como México, Ecuador, Perú, Tanzania, Indonesia y Australia (Mittermeier et al., 2004).

La producción de café en México se localiza en zonas biogeográficas y ecológicas importantes, donde los componentes tropicales y templados se encuentran y producen una rica biodiversidad, en las cuales, entre 60 y 70 % de la superficie total se encuentra bajo un manejo de producción tradicional y rústico (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2005). Escamilla y Díaz (2002), Moguel y Toledo (1999) y Nolasco (1985) describen los sistemas de producción de café en cinco tipos: sistema rústico de café, -en el que se utiliza el dosel de la selva tropical y que aún conserva un número mayor de especies nativas-, policultivo tradicional, policultivo comercial, monocultivo sombreado y monocultivo sin sombra. Algunas características del sistema rústico de café son el uso bajo o nulo de agroquímicos y labores agrícolas mínimas (sólo algunas podas en café y eliminación de arbustos del dosel bajo). La mayoría de las especies nativas del dosel y palmas nativas (Pérez-Portilla & Geissert-Kientz, 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. Los sistemas tradicionales de café consisten en tener un número menor de especies del dosel que, por lo general, cumplen con la función primordial de proporcionar sombra para el café. Las especies pueden ser comercializadas como combustible o madera y, en otros casos, también algunas especies exóticas como los cítricos y otros frutales de los que se obtiene un ingreso adicional para la economía del productor.

La caracterización agroforestal es un análisis que se basa en la teoría general de sistemas, la cual sugiere que para comprender la funcionalidad de un sistema es necesario conocer cada uno de los elementos que forman parte del mismo (Lagermann & Heuvelod, 1983). La descripción de la zona seleccionada y el análisis consecuente del sistema de café rústico y tradicional se hicieron acorde con la metodología centrada en los criterios elaborados por el World Agroforestry Centre (ICRAF) (Torquebiau, 1990). La metodología permitió analizar estructural y económicamente el sistema agroforestal y discutir la información generada en el marco de esta investigación. Algunas de las investigaciones realizadas en los sistemas de café son los casos de estudio en Tlapacoyan (Krishnamurthy, 1998) y la Sierra de Atoyac (Villavicencio-Enríquez & Valdez-Hernández, 2003). De acuerdo

## INTRODUCTION

Some crops such as cacao and coffee are important components in traditional agroforestry systems (AFS) in American and Asian countries (Beer & Somarriba, 1999). In most tropical regions, traditional AFS are considered a multilayered polyculture, where the diversity of multipurpose tree species functions as shade for crops such as coffee, cacao and tea (Raintree, 1989). Coffee and cacao AFS under shade, due to their complex structure and high diversity, are important for the conservation of the species in megadiverse countries such as Mexico, Ecuador, Peru, Tanzania, Indonesia and Australia (Mittermeier et al., 2004).

In Mexico, coffee production is located in important ecological and biogeographic areas, where tropical and temperate components meet each other and produce a rich biodiversity, which, between 60 and 70 % of the total surface is under rustic and traditional production management ([INEGI], 2005). Escamilla and Díaz (2002), Moguel and Toledo (1999) and Nolasco (1985) classified coffee production into 5 types: Rustic coffee system (the canopy of the rainforest is used), and even so this system still has a larger number of native species; traditional polyculture, commercial polyculture, shaded monoculture and unshaded monoculture. Some characteristics of the rustic coffee system are the low use or no use of agrochemicals and minimum agricultural practices (just some pruning and shrub removal from the low-canopy). Most native canopy species and palms (Pérez-Portilla & Geissert-Kientz, 2004) are preserved as part of the system, due to the commercial and traditional use, and family owned and operated farms. Traditional coffee systems consist of having a lower number of canopy species that usually meet with the primary function of providing shade. Species can be sold as fuel or wood and, in other cases, also some exotic species such as citrus and other fruits, which provide an additional income for farmers.

Agroforestry characterization is an analysis based on the general system theory, which suggests that in order to understand the functionality of a system, it is necessary to know every one of its elements (Lagermann & Heuvelod, 1983). The description of the selected area and the analysis of rustic and traditional coffee systems were conducted according to the methodology based on the criteria developed by the World Agroforestry Center (ICRAF) (Torquebiau, 1990). The methodology allowed analyzing the structure and economy of the agroforestry system and discussing the information generated in the course of this research. The study cases in Tlapacoyan (Krishnamurthy, 1998) and the Sierra de Atoyac (Villavicencio-Enríquez & Valdez-Hernández, 2003) are some of the researches conducted in coffee systems. A characterization can also be divided into four criteria: socio-economical, structural, ecological and functional, according to Ospina (2008).

The structural analysis of AFS is to describe the presence of system components, their spatial location and settings

con Ospina (2008), una caracterización también puede ser dividida en cuatro criterios: socio-económico, estructural, ecológico y funcional.

Para Huxley (1983), Nair (1989, 1997) y Torquebiau (1990), el análisis estructural de los SAF consiste en describir la presencia de los componentes del sistema, su localización espacial y sus ajustes en el tiempo y el espacio.

El análisis funcional del SAF se basa en la identificación de los ingresos y las salidas del sistema, que pueden ser en forma de insumos y productos, además de los procesos que se generan entre ellos. En general, es posible distinguir entre dos tipos de ingresos y productos: a) biofísicos, como el agua, la energía solar, los nutrientes del suelo, sombra y control de la erosión, y b) socioeconómicos, que son los productos que pueden ser comprados, vendidos o cuantificados en términos económicos como lo son el terreno, equipos agrícolas, plantas y trabajadores (Beer et al., 2003). Con estos elementos es posible analizar la gestión del SAF a través de su administración y productividad (Lagermann & Heuvel-dop, 1983; Nair, 1989).

La importancia del análisis socioeconómico (manejo) de los SAF se basa principalmente en la sostenibilidad y la conservación de los recursos y su biodiversidad (Moguel & Toledo, 1999; Ospina, 2009). Por ello, los SAF se han desarrollado como una opción para el manejo y conservación de los recursos naturales en los trópicos que se encuentran en un proceso rápido de degradación. Este proceso resulta de un manejo deficiente de los recursos naturales y cultivos tradicionales, además del dosel en que se mezclan con cultivos como el café y el cacao (Somarriba, 2004).

El rendimiento del SAF se puede cuantificar como la relación entre las entradas y productos del sistema, que también puede ser visto como una medición de la eficiencia (relación beneficio/costo). La eficacia biológica o ecológica de un sistema depende en gran medida de su desempeño técnico, por ejemplo, por medio de la producción total de biomasa-ha<sup>-1</sup> (Montagnini, 1992).

El objetivo de este estudio fue caracterizar el sistema tradicional (STC) y rústico (SRC) de café desde el punto de vista estructural, funcional y socio-económico, de acuerdo con los criterios del ICRAF (Beer & Somarriba, 1999; Raintree, 1989), para analizar la similitud en términos de sustentabilidad económica y ecológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio: Sierra de Atoyac

La Sierra de Atoyac forma parte de la Sierra Madre Oriental en la región central del estado de Veracruz. La comunidad de San Miguel se encuentra en el municipio de Amatlán de los Reyes, a 42 km de la ciudad de Córdoba a una altitud de 727 m, precipitación media anual de 1,930 mm y tempera-

in time and space according to Huxley (1983), Nair (1989, 1997) and Torquebiau (1990).

The functional analysis of AFS is based on identifying system inputs and outputs, which may be in the form of supplies and products, and the processes that occur between them. In general, it is possible to distinguish between two types of incomes and products: a) biophysical: such as water, solar energy, soil nutrients, shade and erosion control, and b) socioeconomics: products that can be purchased, sold or quantified in economic terms such as terrain, farm equipment, plants and workers (Beer et al., 2003). Thereby, it is possible to analyze the AFS by means of its management and productivity (Lagermann & Heuvel-dop, 1983; Nair, 1989).

The importance of the socioeconomic analysis (management) of AFS is based on sustainability and resource conservation and biodiversity (Moguel & Toledo, 1999; Ospina, 2009). Therefore, agroforestry systems have been developed as an option to manage and conserve natural resources in tropics in a fast degradation process. This process comes from a poor management of the natural resources, traditional crops, and the canopy mixed with crops such as coffee and cacao (Somarriba, 2004).

AFS yield can be quantified as the relation between incomes and products of the system, which can also be seen as a measure of efficiency (benefit/cost ratio). The biological and ecological efficiency of a system depends greatly on the technical yield, for example, by means of the total production of biomass-ha<sup>-1</sup> (Montagnini, 1992).

The aim of the present study was to characterize the traditional (TCS) and rustic (RCS) coffee system from a structural, functional and socioeconomic point of view, according to the criteria of ICRAF (Beer & Somarriba, 1999; Raintree, 1989), to analyze the similarity in terms of economic and ecological sustainability.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area: Sierra de Atoyac

The Sierra de Atoyac belongs to the Sierra Madre Oriental found in the central region of the state of Veracruz. The community of San Miguel is established in Amatlán de los Reyes, 42 km away from the city of Córdoba, at an altitude of 727 m, average annual precipitation of 1,930 mm and average annual temperature of 23.5 °C. The weather is humid semi-warm (A)C(m)a(i)g ("Potrero" meteorological station, Veracruz; García, 1987). The predominant soils are dark brown rendzins and vertisols, with abundant presence of organic matter and high concentration of clay (INEGI, 2005). Broadly, these soils are considered poor, as in most tropical soils, but with high content of Ca due to the karstic nature of the field and pH between 6 and 7 (Gómez-Pompa, 1966, 1978; INEGI, 2005). The economy is based on selling

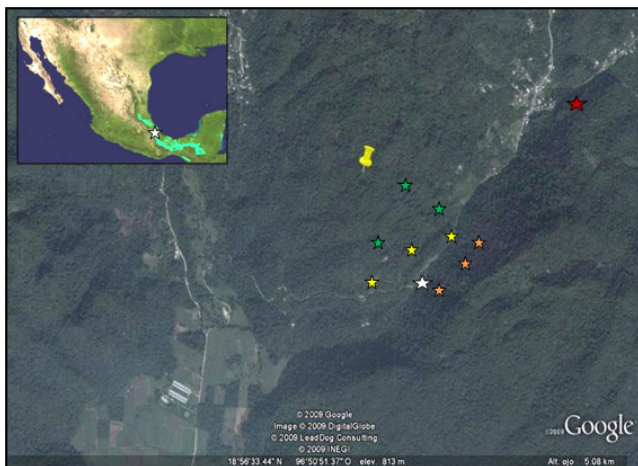


FIGURA 1. Localización de las parcelas de muestreo en San Miguel, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. ☆= San Miguel, Veracruz, ☆= Selva mediana subperennifolia (Smsp), ☆= Sistema tradicional de café (STC), = Sistema rústico de café (SRC), ☆= Manzanillo. Fuente: Mapa tomado de Google earth (2009). Las áreas en aguamarina son Smsp.

FIGURE 1. Location of the plot samples in Miguel, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. ☆= San Miguel, Veracruz, ☆= Medium tropical forest (mtf), ☆= Traditional coffee system (TCS), = Rustic coffee system (RCS), ☆= Manzanillo. Source: Map source from Google Earth (2009). The areas in aquamarine color are mtf.

tura media anual de 23.5 °C. El clima es semicálido húmedo tipo (A)C(m)a(i)g (Estación climatológica "Potrero", Veracruz; García, 1987). Los suelos predominantes son vertisoles y rendzinas de color marrón oscuro, con presencia de abundante materia orgánica y alta concentración de arcillas (INEGI, 2005). En general, estos suelos se consideran pobres, como en la mayoría de los suelos tropicales, pero con alto contenido de Ca debido a la naturaleza kárstica del terreno y pH entre 6 y 7 (Gómez-Pompa, 1966, 1978; INEGI, 2005). La economía se basa en la venta de productos agrícolas como la caña de azúcar, café y madera (Gobierno del estado de Veracruz, 2003).

### Vegetación

Con base en la clasificación de Miranda y Hernández-Xolocotzi (Gómez-Pompa, 1978), fueron identificados los siguientes tipos de vegetación: a) Selva mediana subperennifolia (Smsp), que es la unidad de vegetación que caracteriza a la sierra de Atoyac, b) Bosque de galería, distribuida en toda la red hidrológica; crece en las riberas del río Atoyac (Rzedowski, 1978), y c) Vegetación secundaria derivada de la Smsp, la cual tiene una extensión considerable de cobertura dentro de la zona de estudio. La Smsp se caracteriza por que los árboles caducifolios que forman parte del dosel (alrededor de 25 %) alcanzan una altura de 25 m en promedio (INEGI, 2009) y pierden sus hojas durante la época de sequía. La Smsp se desarrolla en climas cálido-húmedos Aw y Am, es rica en lianas y epifitas, y presenta varias capas de

agricultural products such as sugar cane, coffee and timber (Government of the state of Veracruz, 2003).

### Vegetation

Based on the classification of Miranda and Hernández-Xolocotzi (Gómez-Pompa, 1978), the following types of vegetation were identified: a) medium tropical forest (mtf), which is the vegetation that characterizes the Sierra de Atoyac, b) Gallery forest distributed throughout the hydrological network; it grows on the banks of the river Atoyac (Rzedowski, 1978), and c) Secondary vegetation derived from mtf, which has a considerable extension of coverage within the study area. Mtf is characterized because deciduous trees, which form part of the canopy, (about 25 %) reach a height of 25 m on average (INEGI, 2009) and lose their leaves during the dry season. Mtf develops under warm-humid weather (Aw and Am), is rich in lianas and epiphytes, and presents several layers of vegetation (Gómez-Pompa, 1966; Gómez Pompa & Nevling 1970). *Brosimum alicastrum*, *Bernoulliaflammea*, *Bursera simaruba*, *Robinsonella mirandae*, *Cedrela odorata* and *Cordia alliodora* are some tree species representative of this type of rainforest (Pennington & Sarukhan; 1998 Rzedowski, 1978). *Astronium graveolens*, *Cecropia obtusifolia*, *Inga* sp. and *Bunchosia lanceolata*, among others are the representative species of the secondary vegetation or part of the middle and low canopy.

### Characteristics of the study site and plots

Representative areas for TCS and RCS were delimited based on traditional and rustic coffee plantations, structure, species composition and use of canopy trees described by Moguel and Toledo (1999). A randomized block design was used, three plots of 1000 m<sup>2</sup> per system (20 x 50 m) georeferenced with GPS (Figure 1), and then an inventory of canopy species was performed. The information required for the functional and socioeconomic analysis was also obtained by means of direct interviews with the farmers and the community.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Structural description of RCS

The vertical arrangement of the tree component is mixed, multi-layered and with a temporal and simultaneous arrangement. Tree composition brings together a large number of species of native trees and secondary vegetation derived from mtf (58 in total). The average age of the coffee plantations is 70 years. This agroforestry system is considered to be very close in composition to native vegetation. It is possible to recognize, besides the canopy layer, two layers that stand out in the lower stratum: the first consisting of coffee plants with height up to 7 m, and the second composed of native plant species typical of the study zone such as *Chamaedorea elegans* (Pérez-Portilla & Geissert-Kientz, 2004) and *Yuca eliphanthii*, up to 2 m high.



vegetación (Gómez-Pompa, 1966; Gómez Pompa & Nevling 1970). Algunas especies de árboles representativos de este tipo de selva tropical son *Brosimum alicastrum*, *Bernoullia flammea*, *Bursera simaruba*, *Robinsonella mirandae*, *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora* (Pennington & Sarukhan, 1998; Rzedowski, 1978). Las especies representativas de la vegetación secundaria o parte del dosel medio y bajo son *Astro-nium graveolens*, *Cecropia obtusifolia*, *Inga* sp. y *Bunchonsia lanceolata*, entre otras.

### Características del sitio de estudio y parcelas

Con base en los tipos de cafetales tradicionales y rústicos, estructuras, composición de especies y uso de árboles del dosel, descritos por Moguel y Toledo (1999), se delimitaron áreas representativas para el STC y SRC. Se estableció un diseño de bloques al azar, tres parcelas de 1000 m<sup>2</sup> para cada sistema (20 x 50 m) georreferenciadas con GPS (Figura 1) y se procedió a realizar un inventario de especies del dosel. También se obtuvo la información requerida para el análisis funcional y socioeconómico por medio de entrevistas directas a los productores de las parcelas y de la comunidad en general.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Descripción estructural del SRC

El arreglo vertical del componente arbóreo es mixto, multiestratificado y con un ajuste temporal simultáneo. La composición arbórea reúne un número elevado de especies de árboles nativos y de vegetación secundaria, derivadas de la selva mediana (58 en total). La edad promedio de las plantaciones de café es de 70 años. Este sistema agroforestal se considera muy cercano en composición a la vegetación nativa. Es posible reconocer, además de las capas del dosel, dos capas que sobresalen en el estrato bajo: una formada por plantas de café con altura de hasta 7 m y otra compuesta por especies de plantas nativas típicas de la zona como *Chamaedorea elegans* (Pérez-Portilla & Geissert-Kientz, 2004) y *Yuca elephantii*, de hasta 2 m de altura. Dentro de los claros existentes, dominan arbustos y árboles representativos de la vegetación secundaria de Smsp como *Malpighia glabra*, *A. graveolens* y *Sapindus saponaria*. El dosel superior es dominado por especies de importancia económica o autoconsumo como *C. alliodora*, *Dipholis minutiflora*, *R. mirandae* y *C. odorata*; esta última presenta la menor frecuencia debido a su excesiva extracción en la zona por su valor comercial.

### Descripción estructural del STC

Debido a la especialización del dosel en este tipo de cafetales, la estructura y composición se basa principalmente en especies para sombra como *Inga* spp. y *C. obtusifolia*, aunque también se incluyen especies para combustible como *Mastichodendron capirii* y otras maderables como *C. odorata*. En este sistema se utilizan principalmente dos variedades de café: típica y robusta (*Coffea arabica* y *C. canephora*). Los

Bushes and trees, representative of the secondary vegetation of mtf such as *Malpighia glabra*, *A. graveolens* and *Sapindus saponaria*, dominate. The upper canopy is dominated by species of economic importance or consumption such as *C. alliodora*, *Dipholis minutiflora*, *R. mirandae* and *C. odorata*; this last has the lowest frequency due to excessive mining in the area for its commercial value.

### Structural description of TCS

Due to the specialization of the canopy in this type of coffee plantations, the structure and composition is mainly based on shade species such as *Inga* spp. and *C. obtusifolia*, but also other species used for fuel such as *Mastichodendron capirii* and timber such as *C. odorata*. Typica and robusta (*Coffea Arabica* and *C. canephora*) are the two varieties used in this system. Canopy components have a vertical arrangement on two clear layers (coffee and shaded canopy), scattered, irregular, mixed and simultaneous, and are managed empirically by the farmer (Torquebiau, 1990). The horizontal arrangement is medium with an estimated of 1,000 trees and 1,350 coffee plants-ha<sup>-1</sup>. The dominant species are *M. capirii*, *Inga* spp. and *C. obtusifolia* used for shade and fuel, along with some fruit trees such as *Citrus* sp., *Mangifera indica* and *Manilkara zapota* and other timber species such as *D. minutiflora*, *C. alliodora* and *C. odorata*.

TCS was formed by 15 canopy tree species, RCS by 58, which involves the use of a high diversity of tree species and a complex structure of the canopy, which is considered important for the conservation of biodiversity (Perfecto, Mas, Dietsch, & Vandermeer, 2003; Perfecto, Rice, Greenberg, & Van der Voort, 1996) and soil (Nair, 1989).

### Functional analysis (products and services of RCS and TCS)

The major limitation is based on the geological karstic origin of the terrain, although the soil in the area is considered good and fertile, making it susceptible to erosion. However, the terrain has good soil aeration and rapid drainage of rainwater, which is the reason that there are no floods in the area (INEGI, 2005). The mechanization of the crop is not possible due to the slope of the field ( $\geq 60\%$ ); therefore agricultural work is done manually. There are no frost periods in the area, but the drought periods can last up to four months (García, 1987); along with high temperatures, coffee plants can be damaged mainly during flowering and harvesting stages.

Wood, fuel and coffee are the main products obtained by agricultural and arboreal components. Typica and robusta (*C. arabica* and *C. canephora*) are the main varieties of coffee present in both systems, which are well adapted to the terrain and weather of the study area. Despite the low productivity, plants are able to produce coffee with good body and flavor. Environmental services such as biodiversity conservation, soil protection against erosion, moisture retention, shade and protection for coffee bushes, nitrogen

componentes del dosel presentan una disposición vertical en dos capas claras (café y dosel de sombra), dispersa, irregular, mixta y simultánea, y son manejados de forma empírica por el productor (Torquebiau, 1990). La disposición horizontal es mediana con un número aproximado de 1,000 árboles y 1,350 plantas de café·ha<sup>-1</sup>. Las especies dominantes son *M. capirii*, *Inga* spp. y *C. obtusifolia*, utilizadas como sombra y combustible, junto con algunos frutales como *Citrus* sp., *Mangifera indica* y *Manilkara zapota* y otros maderables como *D. minutiflora*, *C. alliodora* y *C. odorata*.

El STC se integró de 15 especies de árboles del dosel, mientras que el SRC de 58, lo cual implica el uso de una diversidad alta de especies de árboles y de una estructura compleja del dosel que se considera importante para la conservación de la biodiversidad (Perfecto, Mas, Dietsch, & Vandermeer, 2003; Perfecto, Rice, Greenberg, & Van der Voort, 1996) y el suelo (Nair, 1989).

#### Análisis funcional (productos y servicios de SRC y STC)

Aunque el tipo de suelo de la zona se considera bueno y fértil, la mayor limitación está basada en el origen geológico del terreno que es de naturaleza kárstica, por lo que es susceptible a la erosión. Sin embargo, el terreno presenta buena aireación del suelo y un drenaje rápido del agua de lluvia, razón por la que no existen inundaciones en la zona (INEGI, 2005). La mecanización del cultivo no es posible debido a la pendiente del terreno ( $\geq 60\%$ ), por lo que las labores agrícolas se realizan manualmente. Las heladas en la zona no existen, pero se presenta un periodo de sequía que puede durar hasta cuatro meses (García, 1987) y junto con las altas temperaturas puede causar daños a las plantas de café, principalmente durante las etapas de floración y cosecha.

Los principales productos que se obtienen por el componente agrícola y arbóreo son madera, combustible y café. De este último, las principales variedades cultivadas son típica y robusta (*C. arabica* y *C. canephora*), presentes en ambos sistemas, las cuales están bien adaptadas a las características del terreno y a las condiciones climáticas de la zona de estudio. A pesar de la baja productividad, las plantas son capaces de producir un café con buen cuerpo y sabor. También se obtienen servicios de tipo ambiental como la conservación de la biodiversidad, protección de suelos contra la erosión, retención de humedad, sombra y protección para los arbustos de café, fijación de nitrógeno, secuestro de carbono y aporte de nutrientes a través de la hojarasca.

En este estudio, el SRC se asocia al café con un alto número de especies de árboles (58), muchos de los cuales forman parte de la vegetación nativa y secundaria, además de otros componentes como las palmas *C. elegans*, *C. tepejilote* y *C. sartorii*; de éstas, sólo *C. elegans* alcanza un buen precio en el mercado. El STC se asocia con una composición de menor especies arbóreas (15), las cuales son utilizadas como madera y combustible, para la venta o autoconsumo.

fixation, carbon sequestration and nutrient input through leaf litter are also obtained.

In the present study, RCS is related to coffee with a high number of tree species (58), many of which are part of the native and secondary vegetation, as well as other components such as *C. elegans*, *C. tepejilote* and *C. sartorii* palms; only *C. elegans* reaches a good price in the market. TCS is related to a lower number of tree species (15), which are used as wood and fuel, for sale or home consumption.

#### Socioeconomical analysis of RCS and TCS

**Establishment and management.** Coffee plantations of San Miguel were established about 80 years ago, and for four decades, major changes in the structure and composition of the canopy have occurred due to the state programs of the Mexican Coffee Institute (INMECAFE) (Escamilla, Licona, Díaz & Santoyo, 1994), which has meant an improvement in production, especially in TCS.

Thinning of branches and weeds, one before and one after the rainy season are the only two agricultural activities conducted. Shrubs and weeds, which hinder coffee production and harvest operation, are removed by thinning; also an occasional pruning of branches of coffee plants is performed. Due to the economic conditions of farmers, other agricultural activities such as fertilization or weed and pest control are not carried out. Farmers apply empirical knowledge for coffee crop management and natural control of pest and diseases based on an ecological balance through the biodiversity of insects, microorganisms (Guharay, Monterroso, & Staver, 2001), animals and plants in the system. Although agricultural activities for both systems are limited to thinning of some plants that are considered of negative impact by the farmer, pruning the coffee trees is also conducted before the rainy season, and other agricultural activities such as cutting and selling palms and minor timber species or fuel species (Table 1). Manpower is usually conducted by the family or a worker. Average coffee yield for both systems is 1.80 kg·plant<sup>-1</sup>, with a total of 125,540 kg produced by the community. Occasionally, palms are collected by brokers known in Mexico as “coyotes” who paid the farmer for palm cut; \$ 5 per gross.

#### Economic income

The average household income (five items on average) per day is \$ 56.70 (Tax Administration Service of Mexico [SAT], 2011), which represents an increase of \$ 6.00 in the last 10 years. This income depends primarily on coffee production and daily work.

The coffee produced is described as “organic”, in other words, no chemicals have been used during the process. Weather conditions and the type of soil of Sierra de Atoyac are optimal for the production of organic coffee in rustic and traditional systems, although deficiencies in management and poor mar-

## Análisis socio-económico del SRC y STC

**Establecimiento y manejo.** Los cafetales de San Miguel se establecieron aproximadamente hace unos 80 años, y desde hace cuatro décadas, debido a los programas estatales del Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), se han producido cambios importantes en la estructura y composición del dosel (Escamilla, Licona, Díaz, & Santoyo, 1994), lo que ha significado una mejora en la producción, sobre todo en el STC.

Las labores agrícolas que se realizan son únicamente dos aclareos de ramas y malezas, uno antes y otro después de la temporada de lluvias. En estos aclareos se eliminan arbustos y malezas que dificultan la producción del café y las operaciones de cosecha, además de una poda ocasional de ramas de los cafetos. Otras labores como la fertilización o el control de malezas y plagas no son llevadas a cabo en ningún momento, lo cual se debe principalmente a las condiciones económicas de los productores. El agricultor aplica el conocimiento empírico para el manejo del cultivo de café y para el control natural de plagas y enfermedades, basándose en un equilibrio ecológico por medio de la biodiversidad de insectos, microorganismos (Guharay, Monterroso, & Staver, 2001), animales y plantas en el sistema. Aunque las labores agrícolas para ambos sistemas se limitan al aclareo de algunas plantas que el agricultor considera de impacto negativo, también se realizan podas a los cafetos antes de la época de lluvias y otras labores como el corte y la venta de palmas y especies menores maderables o para combustible (Cuadro 1). La mano de obra usualmente es aportada

keting do not increase the total value of the product. With respect to the economic benefits, previously it was possible to consider coffee as the most important economic income, but this has changed due to the continuing crisis in the coffee market, the reduction of its economic value and the high migration to other cities. This has led to the abandonment of the plantations and that the timber tree component contributes to the greatest direct economical income in the economy of farmers (Tables 2 and 3).

RCS has higher economic income than TCS due to the highest sale of wood and palms, possibly due to the use of a greater diversity of canopy tree species. On the other hand, the arboreal canopy component contributes with higher economical income, home consumption products and other family income. Coffee production was higher in TCS (Tables 4 and 5), due to improved agronomic management and a greater number of plants-ha<sup>-1</sup>.

The benefit/cost ratio was 2.5 times higher for RCS compared to TCS (Table 6). TCS had 50 % greater benefit than RCS, regarding the coffee production. Timber management was different in both systems; RCS obtained more than twice the total annual benefits than TCS.

## Functional analysis of the system

In RCS, the species *C. alliodora* and *D. minutiflora* are preserved due to their commercial value as timber,

CUADRO 1. Calendario de actividades agrícolas en el sistema tradicional (STC) y en el sistema rústico de café (SRC).

Cultivo / Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Café</b>												
Control de malezas												X
Cosecha			X			X	X	X	X	X	X	
<b>Palmas</b>												
Siembra						X	X	X	X			
Control de malezas				X		X					X	
Cosecha			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Árboles</b>												
Corta	X	X	X								X	X

TABLE 1. Agricultural activity calendar in traditional coffee system (TCS) and rustic coffee system (RCS).

Crop/Activity	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Coffee</b>												
Weed control												X
Harvesting			X			X	X	X	X	X	X	
<b>Palms</b>												
Sowing						X	X	X	X			
Weed control				X		X					X	
Harvesting			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Trees</b>												
Cut	X	X	X								X	X



CUADRO 2. Árboles maderables y características económicas en el sistema tradicional (STC) y en el sistema rústico de café (SRC).

Costo		
A. Inversión		
Tierra	Privada	
Árboles	Privada	
B. Salidas		
Motosierra (derribo y corte)	\$ 1.00·ft <sup>-3</sup> (\$ 350.00·árbol <sup>-1</sup> )*	
C. Entradas (valor de la producción)		
	Precio en peso seco	Precio por árbol
<i>Cedrela odorata</i>	\$ 8.00·ft <sup>-3</sup>	\$ 2,800.00
<i>Cordia alliodora</i>	\$ 6.00·ft <sup>-3</sup>	\$ 2,100.00
<i>Juglans</i> sp.	\$ 5.00·ft <sup>-3</sup>	\$ 1,750.00
<i>Dipholis minutiflora</i> y <i>Robinsonella mirandae</i>	\$ 4.00·ft <sup>-3</sup>	\$ 1,400.00
D. Ganancia neta		
	*Beneficio/Costo	
Derribo promedio 7 árboles·año <sup>-1</sup> (SRC)	\$ 14,350.00 y \$ 16,750.00	
Derribo Promedio 3 árboles·año <sup>-1</sup> (STC)	\$ 4,200.00 a \$ 6,650.00	

\*Valor promedio.

TABLE 2. Timber trees and economic characteristics in traditional coffee system (TCS) and rustic coffee system (RCS).

Cost	
A. Investment	
Land	Prived
Trees	Prived
B. Outputs	
Chainsaw (felling and cut)	\$1.00·ft <sup>-3</sup> (\$ 350.00·tree <sup>-1</sup> )*
C. Inputs (production value)	
	Dry weight price Tree price
<i>Cedrela odorata</i>	\$ 8.00·ft <sup>-3</sup> \$ 2,800.00
<i>Cordia alliodora</i>	\$ 6.00·ft <sup>-3</sup> \$ 2,100.00
<i>Juglans</i> sp.	\$ 5.00·ft <sup>-3</sup> \$ 1,750.00
<i>Dipholis minutiflora</i> and <i>Robinsonella mirandae</i>	\$ 4.00·ft <sup>-3</sup> \$ 1,400.00
D. net profit	
	*Benefit/cost
Average tree felling 7trees·year <sup>-1</sup> (RCS)	\$ 14,350.00 and \$ 16,750.00
Average tree felling 3 trees·year <sup>-1</sup> (TCS)	\$ 4,200.00 to \$ 6,650.00

\*Average value.

por la familia o algún jornalero ocasional. El rendimiento promedio de café para ambos sistemas es de 1.80 kg·planta<sup>-1</sup>, con un total producido en la comunidad de 125,540 kg. Ocasionalmente, las palmas son recogidas por “coyotes” que pagan al productor por la palma cortada; \$5.00 por una gruesa.

### Ingresos económicos

El ingreso económico promedio por familia (cinco elementos en promedio) al día es de \$ 56.70 (Servicio de Administración Tributaria [SAT], 2011), lo cual representa un incremento de \$ 6.00 en los últimos 10 años. Este ingreso depende de la producción de café y del jornal de campo principalmente.

El café producido se describe como “orgánico”; es decir, que no se ha utilizado ningún tipo de agroquímicos durante su proceso. Las condiciones climáticas y de tipo de suelo de la Sierra de Atoyac son óptimas para producir café orgánico en

although these species were found in small amounts like other native species in the sample plots. With regard to fruit trees *M. indica*, *Citrus sinensis*, *M. zapota* and *Anona* sp., stand out, as well as, medicinal species such as *Croton draco*, *Exostema mexicanum* and *Cordia diversifolia*. Other species such as *Vatairea lundellii*, *Vernonia patens* and *Stemmadenia donnell-smithii*, although they do not have apparent economic value, they are important helping to maintain an ecological balance in the potential presence of pest and diseases (Guharay, Monterroso, & Staver, 2001). The timber species *D. minutiflora*, *C. alliodora*, *C. odorata*, *R. mirandae*, *Macrophilla sickingia*, *B. flammea* and *M. capirui*, this last important as fuel, and some fruit trees (mainly *Citrus* sp., *M. indica* and *Sapota mamey*) and palms are the species in RCS. In TCS, the dominant specie in the canopy was *M. capirui*, which is used for providing shade and as fuel. The species *Inga* sp. and *C. obtusifolia* are used primarily for providing shade to the crop.

CUADRO 3. Características económicas de la producción de palma en el sistema tradicional (STC) y en el sistema rústico de café (SRC).

Costo		
A. Inversión	Privada	
“Chapeos” (dos anuales) y plantas	Plantas aportadas por programas gubernamentales	
B. Salidas		
Corte de hojas, otros.	1 hoja·mes <sup>-1</sup> , 8 plantas·año <sup>-1</sup>	
C. Entradas (valor de la producción)	Producción	Total
<i>Chamaedorea elegans</i>	\$ 12.00 gruesa·ha <sup>-1</sup>	24 gruesas·año <sup>-1</sup>
<i>Chamaedorea tepejilote</i>	\$ 7.00 gruesa·ha <sup>-1</sup>	12 gruesas·año <sup>-1</sup>
<i>Chamaedorea sartorii</i>	\$ 5.00 gruesa·ha <sup>-1</sup>	7 gruesas·año <sup>-1</sup>
D. Ganancia neta	Beneficio / Costo	
<i>C. elegans</i> , <i>C. tepejilote</i> y <i>C. sartorii</i>	\$ 2,452.00·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>	

TABLE 3. Economic characteristics of palm production in traditional coffee system (TCS) and rustic coffee system (RCS).

Cost		
A. Investment	Privated	
“Mowing” (two per year) and plants	Plants provided by government programs	
B. Outputs		
Cutting tree leaves, others.	1 leaf·month <sup>-1</sup> , 8 plants·year <sup>-1</sup>	
C. Inputs (production value)	Production	Total
<i>Chamaedorea elegans</i>	\$ 12.00 gross·ha <sup>-1</sup>	24 grosses·year <sup>-1</sup>
<i>Chamaedorea tepejilote</i>	\$ 7.00 gross·ha <sup>-1</sup>	12 grosses·year <sup>-1</sup>
<i>Chamaedorea sartorii</i>	\$ 5.00 gross·ha <sup>-1</sup>	7 grosses·year <sup>-1</sup>
D. net profit	Benefit / Cost	
<i>C. elegans</i> , <i>C. tepejilote</i> and <i>C. sartorii</i>	\$ 2,452.00·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>	

los sistemas tradicionales y rústicos, aunque las deficiencias en el manejo del café y la mala comercialización no aumentan el valor total del producto. Acerca de los beneficios económicos, anteriormente era posible considerar al café como la entrada económica más importante, pero esta situación ha cambiado debido a la prolongación de la crisis en el mercado del café, a la reducción en su valor económico y a la alta migración hacia otras ciudades. Esto ha provocado el abandono de los cafetales, con el fin de no tener pérdidas económicas, y que el componente arbóreo maderable contribuya con el mayor ingreso económico directo en la economía de los productores (Cuadros 2 y 3).

El SRC obtiene mayores ingresos económicos que el STC debido a la mayor venta de madera y palmas, posiblemente por el uso de una diversidad mayor de especies arbóreas del dosel. El componente arbóreo del dosel, por otra parte, contribuye con más entradas económicas, productos de autoconsumo y otros ingresos económicos familiares. Respecto a la producción de café, ésta fue mayor en el STC (Cuadros 4 y 5), lo cual se debe a un mejor manejo agronómico y a un número mayor de plantas·ha<sup>-1</sup>.

La relación Beneficio/Costo fue 2.5 veces mayor para el SRC en comparación con el STC (Cuadro 6). Respecto a la cantidad de la producción de café, se obtuvo alrededor de 50 %

On the sustainable aspect, systems show an efficient use of external inputs with a suitable nutrient cycling, good soils and humidity conditions. Moreover, the systems preserve some tree species important for this ecosystem such as *R. mirandae*, *B. alicastrum*, *A. graveolens* and *V. lundelii*.

The socioeconomic analysis of these systems showed that TCS has a lower management of trees, and the lowest incomes per ha, in terms of timber sales but not in terms of coffee production. On the other hand, RCS has a greater diversity of tree species and a greater economic benefit from selling timber and non-timber products such as palms, even though this system produces a lower amount of coffee to be sold in markets. A big problem in RCS are the illegal felling of timber trees and those with commercial value used as fuel, which are sold to the regional market and even to other states in the country.

The greatest contrasts in both systems were found in the species composition and spatial distribution, although this behavior was not found in the economic margins obtained. RCS showed high species diversity (58) and characteristics of a subsistence system; palms and other products for home consumption (medicinal plants, fruits and trees for construction and fuel) which are usually native species and contribute to the system incomes. RCS can fulfill the agro-

CUADRO 4. Características económicas de la producción en el sistema tradicional de café (STC).

Costo	
A. Inversión	
Tenencia de la tierra	Privada
Plantas de café	Privada
B. Salidas	
Chapeos (2 por año)	\$ 160.00
Transporte, consultoría, procesamiento, otros.	\$ 0.26·kg <sup>-1</sup> café cereza
	\$ 465.00·ha <sup>-1</sup> café cereza ·año <sup>-1</sup>
Total	\$ 625.00·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>
C. Entradas	
Valor de la producción	\$ 1.17·kg <sup>-1</sup> cereza
(typica y robusta)	\$ 2,750 kg·ha <sup>-1</sup>
Total	\$ 3,217.50·ha <sup>-1</sup>
D. Ganancia neta	
Typica y robusta	Beneficio/Costo
	\$ 0.90·kg <sup>-1</sup> café cereza
Total	\$ 2,486.50·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>

TABLE 4. Economical characteristics of production in traditional coffee system (TCS).

Cost	
A. Investment	
Land tenure	Prived
Coffee plants	Prived
B. Outputs	
Mowing (two per year)	\$ 160.00
Transportation, consulting, processing, others.	\$ 0.26·kg <sup>-1</sup> cherry coffee
	\$ 465.00·ha <sup>-1</sup> cherry coffee ·year <sup>-1</sup>
Total	\$ 625.00·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>
C. Inputs	
Production value	\$ 1.17·kg <sup>-1</sup> cherry coffee
(typica and robusta)	\$ 2,750 kg·ha <sup>-1</sup>
Total	\$ 3,217.50·ha <sup>-1</sup>
D. Net profit	
Typica and robusta	Benefit/cost
	\$ 0.90·kg <sup>-1</sup> cherry coffee
Total	\$ 2,486.50·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>

más beneficio en el STC que en el SRC. El manejo de la madera fue diferente en ambos sistemas, obteniendo más del doble del total de beneficios anuales en el SRC que en el STC.

#### Análisis funcional del sistema

En el SRC, las especies *C. alliodora* y *D. minutiflora* son preservadas por el valor comercial de la madera, aunque se encontraron en cantidades pequeñas al igual que otras especies nativas en las parcelas de muestreo. En cuanto a árboles frutales, destacan *M. indica*, *Citrus sinensis*, *M. zapota* y *Anona* sp., además de especies medicinales como *Croton draco*, *Exostema mexicanum* y *Cordia diversifolia*. Otras como *Vatairea lundellii*, *Vernonia patens* y *Stemmadenia donnell-smithii*, aunque no tienen aparente valor económico, son importantes ayudando a mantener un equilibrio ecológico en

forestry precept of conservation of natural resources with proper sustainable management. Although the state policies that promote payments for environmental services, such as the ProÁrbol program (National Forestry Commission of Mexico [CONAFOR], 2011), still unattractive to farmers, for this reason and due to the economical and social pressure, important canopy species continue being eliminated.

TCS and RCS had lower net profit compared to other coffee agroforestry systems, in which exist a great number of agricultural products such as pineapple, citrus and other fruit trees (Krishnamurthy, 1998; Largemann & Heuvel, 1983). TCS and RCS in Central Veracruz are considered socioeconomically intermediate (Escamilla et al., 1994), because production is conducted in small plots and the sale is carried out in local markets, and to meet basic family needs as

CUADRO 5. Características económicas de la producción en el sistema rústico de café (SRC).

Costo	
A. Inversión	
Tenencia de la tierra	Privada
Plantas de café	Privada
B. Salidas	
Chapeos (dos anuales)	\$ 160.00·año <sup>-1</sup>
Transporte, consultoría, procesamiento, otros.	\$ 0.266·kg <sup>-1</sup> café cereza
	\$ 465.00·ha <sup>-1</sup> café cereza
Total	\$ 625.00·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>
C. Entradas	
Valor de la producción	\$ 1.17·kg <sup>-1</sup> café cereza
(typica y robusta)	1,750 kg·ha <sup>-1</sup> café cereza
Total	\$ 2,047.50·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>
D. Ganancia Neta	Beneficio/Costo
Typica y Robusta	\$ 0.904·kg <sup>-1</sup> café cereza
Total	\$ 1,582.00·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>

TABLE 5. Economical characteristic of production in rustic coffee system (RCS).

Cost	
A. Investment	
Land tenure	Privated
Coffee plants	Privated
B. Outputs	
Mowing (two per year)	\$ 160.00·year <sup>-1</sup>
Transportation, consulting, processing, others.	\$ 0.266·kg <sup>-1</sup> cherry coffee
	\$ 465.00·ha <sup>-1</sup> cherry coffee
Total	\$ 625.00·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>
C. Inputs	
Production value	\$ 1.17·kg <sup>-1</sup> cherry coffee
(typical and robusta)	1,750 kg·ha <sup>-1</sup> cherry coffee
Total	\$ 2,047.50·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>
D. net profit	Benefit / Cost
Typica and Robusta	\$0.904·kg <sup>-1</sup> cherry coffee
Total	\$1,582.00·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>

CUADRO 6. Relación Beneficio/Costo en los sistemas de producción de café.

Sistema agroforestal	Beneficio/Costo
SRC	
Café	\$1,582.00·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>
Árboles	\$ 14,350.00 a \$ 16,750.00·año <sup>-1</sup>
Palmas	\$ 2,452.00·año <sup>-1</sup>
Total	\$ 18,384.00 a \$ 20,784.00·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>
STC	
Café	\$ 2,486.50·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>
Árboles	\$ 4,350.00 a \$ 6,750.00·año <sup>-1</sup>
Total	\$ 6,836.50 a \$ 9,236.00·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup>

TABLE 6. Benefit/cost ratio in coffee production systems.

Agroforestry system	Cost/benefit
RCS	
Coffee	\$ 1,582.00·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>
Trees	\$ 14,350.00 to \$ 16,750.00·year <sup>-1</sup>
Palms	\$ 2,452.00·year <sup>-1</sup>
Total	\$ 18,384.00 to \$ 20,784.00·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>
TCS	
Coffee	\$ 2,486.50·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>
Trees	\$ 4,350.00 to \$ 6,750.00·year <sup>-1</sup>
Total	\$ 6,836.50 to \$ 9,236.00·ha <sup>-1</sup> ·year <sup>-1</sup>

la presencia potencial de plagas y enfermedades (Guharay, Monterroso, & Staver, 2001). Las especies maderables presentes en el SRC son *D. minutiflora*, *C. alliodora*, *C. odorata*, *R. mirandae*, *Macrophilla sickingia*, *B. flammea* y *M. capirii*, esta última importante como combustible, además de algunos árboles frutales (principalmente *Citrus* sp., *M. indica* y *Sapota mamey*) y palmas. En el STC, la especie dominante en el dosel fue *M. capirii*, la cual, además de dar sombra, se usa como combustible. Las especies *Inga* sp. y *C. obtusifolia* son utilizadas para sombra del cultivo principalmente.

En el aspecto sustentable, los sistemas muestran un uso eficiente de los insumos externos con un adecuado ciclaje de nutrientes y buenas condiciones de humedad y suelos. Además, los sistemas conservan algunas especies de árboles importantes para este ecosistema como *R. mirandae*, *B. alicastrum*, *A. graveolens* y *V. lundelii*.

El análisis socioeconómico de estos sistemas mostró que el STC tiene un manejo menor de número de especies maderables, y obtuvo los ingresos más bajos por ha en términos de venta de madera pero no en cuanto a la producción de café. En cambio, el SRC cuenta con diversidad mayor de especies de árboles y beneficio económico mayor obtenido por la venta de madera y productos no maderables como las palmas, aunque produce una cantidad menor de café para venta en el mercado. Un problema fuerte en el SRC son las talas ilegales de especies maderables y de aquellas con valor comercial utilizadas para combustible, las cuales son vendidas al mercado regional e incluso a otros estados en el país.

Los mayores contrastes en ambos sistemas se encontraron en la composición de especies y su disposición espacial, aunque este comportamiento no se encontró en los márgenes de ganancia económica obtenida. El SRC presenta alta diversidad de especies (58) y características de un sistema de subsistencia; palmas y otros productos para el autoconsumo (plantas medicinales, frutas y árboles para la construcción y combustible), que usualmente son especies nativas y que contribuyen a las entradas económicas del sistema. El SRC puede cumplir con el precepto agroforestal de conservación de los recursos naturales con un manejo sostenible adecuado. Aunque existen políticas del Estado en las que se promueven los pagos por servicios ambientales, como el Programa ProÁrbol (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2011), éstos aún son poco atractivos para el productor, y debido a ello y a las presiones económicas y sociales, especies importantes del dosel continúan siendo eliminadas.

El STC y el SRC obtuvieron menores ganancias netas si se comparan con otros sistemas agroforestales de café en donde existe un número mayor de productos agrícolas como piña, cítricos u otros frutales (Krishnamurthy, 1998; Largemann & Heuvelop, 1983). Los sistemas agroforestales STC y SRC del centro de Veracruz son considerados socioeconómicamente intermedios (Escamilla et al., 1994), ya que producen en parcelas pequeñas y la venta es para el mercado local y para cubrir las necesidades básicas familiares tal como lo describen Tor-

described by Torquebiau (1990) and Beer, Muschler, Kaas, and Somarriba (1998).

In the case of TCS, the benefit was lower compared to RCS, even with timber production mainly based on the management of *M. capirii*, which can be used in construction, furniture and as fuel. Other species used to a lesser extent are *D. minutiflora* and *C. alliodora*, which get good prices on the market but are out of stock in the area. During the coffee marketing stage, farmers sell their products to brokers ('coyotes'), due to the lack of transportation and few marketing channels, these brokers sell the products in the cities getting extra income.

As a result of the economic migration and the coffee crisis, the production of this crop is not very profitable with prices that remain low. Consequently, the marketing of timber has been practiced intensively reducing the number of these species, considered as precious woods. Some species such as *C. odorata*, *Juglans* sp., *D. minutiflora*, *C. alliodora*, *Pithecellobium arboreum*, *B. flammea* and *C. odorata* are marketed to be used for transport structures, furniture and construction, and although at the moment it may seem profitable in the future it will not be so, due to the lack of reforestation of these species.

## CONCLUSIONS

TCS and RCS had similar gains, but they turned to be different in terms of spatial structure, species composition, products obtained, and quantities marketed. In terms of sustainability, RCS shows better conditions in the ecological aspect but not in economic terms, especially if the exploitation of forest resources with no management plant (which allows recovering the elements used such as timber sales) continues. TCS shows better ecological and economic sustainability conditions, because the elements used to be sold as firewood (*M. capirii*) and wood (*C. odorata*, *Juglans* sp. And *R. mirandae*) are usually replaced by the same species and thus remains the number of trees·ha<sup>-1</sup> in the plantation. From the economical point of view, RCS and TCS can be profitable production systems when they are used sustainably and with the sale of organic products such as coffee. This product has an added value for international markets, which may be an economic and sustainable solution for these agroforestry systems.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) in México. I would also like to thank Dra. Morag McDonald and Dr. Lauro Bucio-Alanís for their support during this research. I would also like to thank Mr. Fergus Sinclair, from the University of Wales, Bangor, for his support provided.

*End of English Version*



quebiau (1990) y Beer, Muschler, Kaas, y Somarriba (1998). En el caso del STC, el beneficio económico fue menor que en el SRC, incluso contando con la producción de madera basada principalmente en el manejo de *M. capirii*, que puede ser utilizada en la construcción, mueblería y como combustible. Otras especies utilizadas en menor porcentaje son *D. minutiflora* y *C. alliadora*, que obtienen buenos precios en el mercado pero que han sido agotadas en la zona en general. Es importante señalar que durante la fase de comercialización del café, debido a la falta de medios de transporte y pocos canales de comercialización, el agricultor vende su producción a los intermediarios ("coyotes"), quienes la comercializan en las ciudades obteniendo un ingreso extra.

Como resultado de la migración económica y la crisis del café, la producción de este cultivo resulta poco redituable con precios que se mantienen bajos. Como consecuencia, la comercialización de especies maderables se ha practicado intensamente disminuyendo un gran número de éstas, consideradas como maderas preciosas. Algunas especies como *C. odorata*, *Juglans* sp., *D. minutiflora*, *C. alliadora*, *Pithecellobium arboreum*, *B. flammea* y *C. odorata*, se comercializan para la elaboración de estructuras de transporte, mobiliario y construcción, y aunque de momento pueda parecer redituable, a futuro no lo será debido a la falta de reforestación de las mismas.

## CONCLUSIONES

El STC y el SRC obtienen ganancias similares, aunque resultaron ser diferentes en términos de estructura espacial, composición de especies, productos obtenidos y cantidades comercializadas. En términos de sustentabilidad, actualmente el SRC presenta mejores condiciones en el aspecto ecológico pero no así en términos económicos, sobre todo si continúa la explotación del recurso forestal sin ningún plan de manejo que le permita recuperar los elementos utilizados como la venta de madera. El STC presenta mejores condiciones de sustentabilidad ecológica y económica ya que los elementos utilizados para venta en forma de leña (*M. capirii*) y para madera (*C. odorata*, *Juglans* sp. y *R. mirandae*), usualmente son reemplazados por otros de la misma especie y así se mantiene el número de árboles-ha<sup>-1</sup> dentro del cafetal. Desde el punto de vista económico, el SRC y el STC pueden ser sistemas de producción rentables cuando son manejados de manera sostenible y con la venta de los productos de tipo orgánico como el café. Este producto tiene un valor agregado para mercados internacionales, lo que podría ser una solución económica y sustentable para estos sistemas agroforestales.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en México, a la doctora Morag McDonald y al doctor Lauro Bucio-Alanís por su apoyo incondicional durante la realización de esta investigación. También quiero agradecer la ayuda del doctor Fergus Sinclair por su apoyo en la University of Wales, Bangor.

## REFERENCIAS

- Beer, J., Harvey, C. A., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10, 37.
- Beer, J., Muschler, R., Kaas, D., & Somarriba, E. (1998). Shade management in coffee and cocoa plantations. *Agroforestry Systems*, 38, 39–164. Obtenido de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A35071/A35071.PDF>
- Beer, J., & Somarriba, E. (1999). Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas*, 6, 23.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2011). Lineamientos de operación ProÁrbol. Consultado 10-07-2010 en <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php/proarbol/convocatoria-proarbol-por-lineamientos-2011>
- Escamilla, P. E., & Díaz, C. (2002). *Sistemas de cultivo de café en México*. México: CRUO-CENIDERCAFE, Universidad Autónoma Chapingo.
- Escamilla, P. E., Licona, A. L., Díaz, S., & Santoyo, H. (1994). *Los sistemas de producción de café en el centro de Veracruz, México. Un análisis tecnológico*. México: UACH, CIESTAAM, DCR, CRUO.
- García, E. (1987). *Modificaciones al sistema climático de Köppen* (4a ed). México: Instituto de Geografía de la UNAM.
- Gobierno del estado de Veracruz. (2003). *Municipios del estado de Veracruz. Amatlán de los Reyes*. Consultado 10-06-2010 en <http://www.amatlandelosreyes.gob.mx>
- Gómez-Pompa, A. (1966). *Estudios botánicos en la región de Misantla, Veracruz*. México: Ediciones del Instituto de Recursos Naturales Renovables A.C.
- Gómez-Pompa, A. (1978). *Ecología de la vegetación del estado de Veracruz*. México: Editorial Continental.
- Gómez-Pompa, A., & Nevling, L. (1970). La flora de Veracruz. *Instituto de Biología de la UNAM*, 4, 1.
- Guharay, F., Monterroso, D., & Staver, C. (2001). Manejo integrado de plagas en SAF con café en Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 8, 29.
- Huxley, P. A. (1983). *Plant research and agroforestry*. Nairobi, Kenia: ICRAF.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). *Anuario estadístico del estado de Veracruz 1999*. México: Gobierno del estado de Veracruz.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2009). *Guía para la interpretación de cartografía, uso del suelo y vegetación. Escala 1:250,000 Serie III*. México: Autor.
- Krishnamurthy, L. (1998). *Red gestión de recursos naturales. Agroforestería*. México: Fundación Rockefeller.
- Lagermann, J., & Heuvelop, J. (1983). Characterization and evaluation of agroforestry systems: The case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. *Agroforestry systems*, 1(2), 101–115. doi: 10.1007/bf00596352
- Mittermeier, R. A., Robles-Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Goettsch-Mittermeier, C., ...Da Fonseca, G. A. B. (2004). *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. USA: Conservation International, CEMEX S.A. DE C.V., Agrupación Sierra Madre.

- Moguel, P., & Toledo, V. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology*, 13(1), 11–21. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2641560>
- Montagnini, F., & Organización para Estudios Tropicales. (1992). *Sistemas agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos*. San José, Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales.
- Nair, P. K. (1989). *Agroforestry systems in the tropics*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers Inc., ICRAF.
- Nair, P. K. (1997). *Agroforestería*. Chapingo, México: UACH.
- Nolasco, M. (1985). *Café y sociedad en México* (1a ed). México D.F.: Centro de eco-desarrollo.
- Ospina, A. (2008). Aproximación a la caracterización agroforestal: Síntesis de una propuesta metodológica. *Agroforestería ecológica*. Obtenido de <http://agroforesteriaecologica.co/articulos>
- Ospina, A. (2009). Aproximación a la conservación de las especies vegetales nativas en cafetales ecológicos con sombra. *Agroforestería ecológica*. Obtenido de <http://www.agroforesteriaecologica.com/index.php?section=2>
- Pennington, T. D., & Sarukhan, J. (1998). *Árboles tropicales de México*. México: UNAM/FCE.
- Pérez-Portilla, E., & Geissert-Kientz, D. (2004). Distribución potencial de palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.) en el estado de Veracruz, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 247–252. Obtenido de [http://www.chapingo.mx/revistas/horticultura/contenido.php?id\\_articulo=168](http://www.chapingo.mx/revistas/horticultura/contenido.php?id_articulo=168)
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in Coffee agrosystems: A tri-taxa comparison in southern México. *Biodiversity and Conservation*, 12(6), 1239–1252. doi: 10.1023/a:1023039921916
- Perfecto, I., Rice, R., Greenberg, R., & Van der Voort, M. (1996). Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience*, 46(8), 598–608. Obtenido de [http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/science\\_article/pdfs/93.pdf](http://nationalzoo.si.edu/scbi/migratorybirds/science_article/pdfs/93.pdf)
- Raintree, J. B. (1989). *Theory and practice of agroforestry diagnosis and design*. Nairobi, Kenya: ICRAF.
- Rzedowski, J. (1978). *La vegetación de México*. México: Limusa.
- Servicio de Administración Tributaria (SAT). (2011). Salarios mínimos 2011. Consultado 10-07-2011 en [http://www.sat.gob.mx/sitio\\_internet/asistencia\\_contribuyente/informacion\\_frecuente/salarios\\_minimos/](http://www.sat.gob.mx/sitio_internet/asistencia_contribuyente/informacion_frecuente/salarios_minimos/)
- Somarrriba, E. (2004). Biodiversity conservation: Neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. In G. Schroth, G. A. B. Da Fonseca, C. A. Harvey, C. Gascon, H. L. Vasconcelos, & A. N. Izac (Eds), *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes* (pp. 198–226). Washington, USA: Island Press.
- Torquebiau, E. (1990). *Conceptos de agroforestería: Una introducción*. Chapingo, Texcoco, México: UACH.
- Villavicencio-Enríquez, L., & Valdez-Hernández, J. I. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*, 37(4), 413–424. Obtenido de <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30237410>