

EFECTO DE LA COBERTURA ARBÓREA EN SISTEMAS DE CAFÉ ORGÁNICO EN EL SUR DE OAXACA¹

[EFFECT OF TREE SHADE IN ORGANIC COFFEE SYSTEMS IN SOUTHER OAXACA]

René Maldonado-Martínez, Gerardo Rodríguez-Ortiz[§], José Raymundo Enríquez-del Valle, José Cruz Carrillo-Rodríguez, María Isabel Pérez-León

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. Tel. 01(951) 5170788. [§]Autor responsable (grodriguez.itvo@yahoo.com)

RESUMEN

La sombra que proporcionan los árboles al cultivo de café es importante en la cantidad y calidad de grano. El objetivo fue evaluar el efecto de la cobertura arbórea sobre la producción de café orgánico, presencia de plagas, enfermedades y malezas y características físicas de parcelas del sur de Oaxaca. Durante 2012 se estableció un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, usando unidades experimentales de 100 m². Las 27 parcelas se establecieron en tres rangos altitudinales y tres tipos de cobertura arbórea. En los sistemas se midió densidad, productividad de grano de café y otras variables analizadas estadísticamente. El rango altitudinal (841-1193 m) define a las parcelas como café de altura, usando sitios de fuerte pendiente, 1255-1400 cafetos ha⁻¹, 29-93 árboles ha⁻¹ y edad de plantación de 19-25 años. La cobertura arbórea no mostró efecto sobre la producción de grano (P>0.1). Alta densidad de sombra (>75%) generó mayor acumulación de materia orgánica al suelo, alta susceptibilidad al ataque de broca (*Hypothenemus hampei*), roya (*Hemileia vastatrix*) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*), y menor presencia de malezas. Las variedades de *Coffea arabica* más utilizadas fueron Typica (22%) y Caturra+Criollo (38%). La mezcla Mundo Novo+Typica (3195 kg ha⁻¹) y Criollo (906 kg ha⁻¹) fueron las más productivas.

Palabras clave: *Coffea arabica*, árboles sombra, plagas y enfermedades, rango altitudinal.

ABSTRACT

The shade that the trees provide to coffee crop is important in quantity and quality of grain. The objective was to evaluate the effect of tree cover on the organic coffee production, presence of pests, diseases and weeds and other physics characteristics in plots of southern Oaxaca. During 2012, a completely randomized design with three replications was established, using experimental units of 100 m². Twenty seven plots were carried out at three altitudinal ranges and three types of tree cover. In the coffee systems were measured, density, coffee-grain productivity and other variables analyzed statistically. The altitudinal range (841-1193 m) defines the systems like coffee-high production, using high slope, 1255-1400 coffee-tree ha⁻¹, 29-93 trees ha⁻¹, and plantation age of 19-25 years. Three cover showed no effect over grain production (P>0.1). Dense shade tree (>75%) generated greater accumulation of soil organic matter, high susceptibility to coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), coffee rust (*Hemileia vastatrix*) and leaf-spot fungi (*Mycena citricolor*), and lower presence of weeds. The *Coffea arabica* varieties more frequently were Typica (22%) and Caturra+Criollo (38%). The mixture Novo+Typica (3195 kg ha⁻¹) and Criollo (906 kg ha⁻¹) were the most productive.

Index words: *Coffea arabica*, shade trees, pests and diseases, altitudinal elevation.

INTRODUCCIÓN

En años recientes se ha resaltado la producción de café bajo sombra como generador de bienes y servicios múltiples como, reductor de contaminantes (captura de carbono), generador de empleos para la sociedad, mejorador de la calidad de producción y así mismo, conservador del medio ambiente (Anta, 2006; Rosas *et al.*, 2008; Rainforest Alliance, 2009; Hernández-Vásquez *et al.*, 2012). La cobertura arbórea es uno de los factores que influye de manera importante

Recibido: 5 de octubre de 2013.

Aceptado: 29 de marzo de 2014.

en la productividad de café, ya que es un factor independiente de la calidad de sitio, aporta materia orgánica, evita la erosión de suelo, regula la cantidad de la luz penetrante, controla plagas y enfermedades e influye en la producción de grano de café (Beer *et al.*, 2003; Aguirre y Carlos, 2011).

Las condiciones sub-óptimas de la cobertura arbórea ayudan a reducir las oscilaciones y la magnitud de la temperatura foliar de los cafetos (Van-Kante *et al.*, 2004). Es importante señalar que los árboles de sombra dan un resultado positivo en la productividad de café, dependiendo del tipo de especie que se utilice y el manejo de los árboles (DaMatta *et al.*, 2008). Son pocos los trabajos enfocados en la influencia de las diferentes especies de árboles de sombra sobre la producción, rendimiento y calidad de fruto y grano. Estudios referentes a evaluar la calidad de sombra han determinado niveles de cobertura arbórea alta (>75 %), media (75-46 %) y baja (<46 %) (Moraga *et al.*, 2011). Este manejo conlleva un aumento de la producción, calidad y rendimiento de café, ya que las copas de los árboles pueden afectar la producción de frutos y aumentar plagas y enfermedades (Geel *et al.*, 2005; Juárez, 2007).

La comunidad de San Baltazar Loxicha es una zona marginada del estado de Oaxaca que se dedica a la producción de café orgánico bajo un sistema rústico, es decir, un conjunto de especies asociadas, por lo que es necesario evaluar la estructura arbórea de los árboles, sus características y el manejo de los cafetos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la cobertura arbórea a diferentes altitudes sobre la producción de café orgánico, presencia de plagas, enfermedades y malezas, y otras características físicas en parcelas de San Baltazar, Loxicha, Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Las parcelas de café se localizan en la comunidad de San Baltazar Loxicha, Pochutla, de la región Sierra Sur de Oaxaca. Los sitios de muestreo se establecieron durante 2012 entre los 16° 5' LN y 96° 47' LO a una altitud promedio de 1010 m en clima cálido; estas características lo catalogan como café de altura. Todas las parcelas involucradas en este estudio pertenecen al Consejo Estatal del Café (CECAFÉ) del estado de Oaxaca y los sistemas están basados en producción orgánica del grano.

Establecimiento de parcelas experimentales

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio empleando como unidad experimental (UE) parcelas cuadradas de 100 m². Los nueve tratamientos con tres repeticiones, se conformaron localizando parcelas en tres rangos altitudinales: (1139-1296 m, zona alta; 982-1139 m, zona media; y 826-982 m, zona baja) y tres distintos tipos de cobertura arbórea. Los niveles de cobertura arbórea (alta, media y baja) fueron determinados mediante observación visual y medición del diámetro de copa de los árboles (DC, m) (área de copa, AC = $(\pi/4) \times DC^2$). La cobertura arbórea densa contempla parcelas con sobreposición de copas (AC = >75%); cobertura arbórea media sin sobreposición de copas (AC = 46-75%) y; cobertura baja con árboles totalmente aislados (DC < 46%).

Las parcelas fueron delimitadas con rafia y en su interior se formó una cuadrícula de 100 m² con fin de facilitar la toma de datos. Las 27 UE se caracterizaron de forma general (nombre del productor, localización geográfica con GPS, pendiente (%), exposición y altitud). En las plantas de café se consideraron las siguientes variables: altura total mayor de 50 cm (ATC, m), diámetro de pie (DPC, cm), diámetro de copa (DCC, m), número de ramas, número de entrenudos y cantidad de frutos, peso verde con/sin cáscara del fruto (g), peso seco del grano de café (g), edad de la planta (años), variedad y estado fitosanitario (obteniendo la proporción de plantas plagadas/enfermas por parcela). Las variables medidas en los árboles que generan la sombra fueron: diámetro normal (DNA, cm), altura total (ATA, m), diámetro de copa (DCA, m) y especie.

La materia orgánica (hojarasca) en el suelo se determinó por medio de un marco de madera de 50x50 cm, que se seleccionó tres veces de forma aleatoria en cada parcela; el valor se determinó considerando el porcentaje cubierto por materia orgánica de cada cuadro. La presencia de malezas o hierbas (%) se determinó de manera visual, asignando un porcentaje a la densidad de las mismas observadas por cuadrante.

Análisis de la información

Las variables medidas se conformaron en una base de datos. Se realizaron pruebas de normalidad (prueba de Shapiro-Wik, $P > 0.13$) y de homogeneidad de varianzas (prueba de Bartlett, $P > 0.2$) a los datos en porcentaje, análisis de varianza (procedimiento GLM) y separación de medias (Tukey, 0.05). Además, se determinaron estadísticos básicos por tratamiento y variedad (Procedimiento MEANS). Todos los análisis estadísticos fueron realizados en SAS (SAS Institute Inc., 2004).

RESULTADOS

Efecto de la cobertura arbórea

La altitud de las parcelas de café evaluadas (826 a 1296 m) las cataloga como sistemas de producción de altura, mostrando esta variable el mismo nivel de altitud ($P = 0.82$) en los niveles de cobertura arbórea evaluados con un promedio de 1064 m. Similarmente, la pendiente entre dichas parcelas tuvo el mismo comportamiento ($P = 0.45$), mostrando un promedio de 27%. La mayor variabilidad en la pendiente se encontró en las parcelas con alta y baja densidad arbórea (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características generales, plagas y enfermedades de parcelas de café con diferente intensidad de sombra en San Baltazar Loxicha, Oaxaca.

Variable	Prob.	Densidad de sombra (%)		
		Alta (>75)	Media (46-75)	Baja (< 46)
Pendiente (%)	0.4510	33.5 ± 20.8 a	21.2 ± 11.5 a	25.0 ± 18.8 a
Materia orgánica (%)	0.0001	65.0 ± 15.8 a	38.3 ± 5.0 b	22.2 ± 9.3 c
Altitud (m)	0.8280	1074.0 ± 166.0 a	1086.0 ± 171.0 a	1031.0 ± 171.0 a
Broca (%) [†]	0.0360	8.0 ± 4.1 a	5.3 ± 5.9 ab	1.1 ± 1.4 b
Roya (%) ^{††}	0.0007	18.5 ± 7.1 a	12.8 ± 9.7 a	2.4 ± 3.8 b
Ojo de gallo (%) [§]	0.0003	54.8 ± 20.2 a	50.0 ± 5.9 a	19.8 ± 11.9 b
Maleza (%)	0.0001	19.6 ± 8.6 c	56.0 ± 21.0 b	94.1 ± 3.8 a

Literales diferentes en filas indican diferencia estadística significativa (Tukey, 0.05). La media se acompaña de ± desviación estándar. [†]*Hypothenemus hampei* (Ferrari), ^{††}*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome, [§]*Mycena citricolor* (Berk. & Curt.) Sacc.

Todas las variables que se refieren a la presencia de materia orgánica en el suelo, plagas y enfermedades y malezas mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.03$) entre los niveles de cobertura arbórea. Parcelas con alta intensidad de sombra (>75%) tuvieron mayores niveles de materia orgánica en el suelo, broca, roya y ojo de gallo; sin embargo, mostraron la menor presencia de malezas. La broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari) presentó una mayor incidencia en las parcelas con alta cobertura arbórea (8%), disminuyendo su presencia (1.1%) en las parcelas de baja densidad arbórea. La mayor variabilidad de la presencia de broca se presentó en los sitios de media y alta cobertura de sombra. El mismo comportamiento mostró la presencia de roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) y ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk. & Curt. Sacc.). Por otro lado, la presencia de malezas fue superior ($P = 0.0001$) en las parcelas con baja cobertura arbórea (Cuadro 1).

La densidad de árboles sombra fue la única variable que mostró diferencias estadísticas entre los niveles de cobertura ($P = 0.0001$), variando entre 29 y 93 árboles ha⁻¹ para la intensidad baja y alta, respectivamente. Todas las demás variables de productividad evaluadas fueron similares ($P \geq 0.17$) entre las intensidades de cobertura arbórea. Las parcelas de café orgánico de San Baltazar Loxicha se caracterizan por presentar una densidad de cafetos de 1255-1400 plantas ha⁻¹, edades entre 19 y 25 años. El peso verde de un grano de café fue de 1.07 g y 0.34 g de peso promedio de la cáscara; el peso seco promedio de un grano de café es de 0.49 g, generando una producción de 6.73 kg/unidad experimental y 678 kg ha⁻¹. Normalmente, los cafeticultores comercializan su producción en quintales (Qq) (Qq = 57.5 kg), por lo que el valor de la producción corresponde a 11.8 Qq ha⁻¹. La mayor variabilidad se encontró en las parcelas de intensidad arbórea media, en donde las variables PSGP y PSGH mostraron una desviación estándar superior a la media (Cuadro 2).

Rendimiento de variedades

Las parcelas de café orgánico de San Baltazar Loxicha contienen cinco variedades de *Coffea arabica*: la mayor frecuencia fue Typica (22%), Caturra y Criollo (19% c/u), en menor proporción están presentes Mundo Novo Bourbon y las mezclas de dos o tres variedades por parcela. Las variedades que mostraron la mayor producción de grano fue la mezcla Mundo Novo-Typica con 3195 kg ha⁻¹, con una densidad de 1200 cafetos ha⁻¹ y 45 árboles ha⁻¹ (cobertura media). La edad promedio de los cafetos fue de 20 años y las parcelas contienen 40% de materia orgánica, pendiente 25 % y la mayor altitud encontrada (1280 m) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Productividad de parcelas de café con diferente intensidad de sombra en San Baltazar Loxicha, Oaxaca.

Variable	Significancia	Densidad de sombra (%)		
		Alta (>75)	Media (46-75)	Baja (<46)
Cafetos ha ⁻¹	0.8430	1400.0 ± 269.0 a	1356.0 ± 406.0 a	1255.0 ± 229.0 a
Árboles ha ⁻¹	0.0001	93.0 ± 5.0 a	51.0 ± 6.0 b	29.0 ± 3.0 c
Edad (años)	0.1720	19.0 ± 5.0 a	25.0 ± 9.0 a	21.0 ± 5.0 a
PVCCG (g)	0.2110	1.1 ± 0.1 a	1.0 ± 0.1 a	1.1 ± 0.5 a
PVSCG (g)	0.2640	0.7 ± 0.1 a	0.7 ± 0.1 a	0.7 ± 0.1 a
PSPRG (g)	0.5460	0.4 ± 0.1 a	0.4 ± 0.1 a	0.5 ± 0.1 a
PSGP (kg/parc)	0.5710	8.5 ± 8.1 a	8.1 ± 9.3 a	3.6 ± 2.0 a
PSGH (kg ha ⁻¹)	0.5700	852.6 ± 812.0 a	812.9 ± 929.1 a	369.0 ± 202.3 a

Letras distintas en filas indican diferencia estadística significativa (Tukey, 0.05). La media se acompaña de \pm desviación estándar. PVCCG = Peso verde promedio (cáscara+grano); PVSCG = Peso verde promedio (grano); PSPRG = Peso seco promedio (grano); PSGP = Peso seco de granos por parcela; PSGH = Peso seco de granos por hectárea.

La variedad Criolla obtuvo la segunda mejor producción de granos con alta variabilidad mostrada en su desviación estándar (906 ± 1032 kg ha⁻¹) con una mayor densidad de cafetos y menor cobertura arbórea que la mezcla Mundo Novo-Typica (Cuadro 3). La mezcla Caturra-Bourbon fue la de menor producción de granos (32 kg ha⁻¹) a pesar que la densidad de cafetos es similar a los más productivos, pero la cobertura arbórea fue la más densa (95 árboles ha⁻¹).

Cuadro 3. Características de las variedades de café orgánico utilizadas en las parcelas de San Baltazar Loxicha, Oaxaca.

Variedad	Pendiente (%)	Materia orgánica		Densidad (cafetos ha ⁻¹)	Densidad (árboles ha ⁻¹)	Edad de plantación (años)	Peso seco de grano (kg ha ⁻¹)
		(%)	Altitud (m)				
B	26 ± 24	38 ± 17	929 ± 79	1200 ± 0	58 ± 38	19 ± 1	682 ± 258
B+T	16 ± 2	53 ± 38	1004 ± 24	1850 ± 636	70 ± 35	29 ± 20	434 ± 182
C	25 ± 15	36 ± 27	1193 ± 117	1300 ± 316	45 ± 28	20 ± 6	446 ± 224
C+B [†]	38	50	1295	1200	95	16	32
C+CR	24 ± 5	60 ± 28	993 ± 102	1350 ± 353	73 ± 38	20 ± 0	414 ± 382
CR	31 ± 19	36 ± 20	1057 ± 204	1240 ± 181	58 ± 32	24 ± 4	906 ± 1032
MN+T [†]	25	40	1280	1200	45	20	3195
T	19 ± 11	44 ± 21	1073 ± 149	1400 ± 357	51 ± 21	26 ± 6	495 ± 291
T+CR	64 ± 32	38 ± 17	841 ± 20	1200 ± 0	65 ± 42	14 ± 2	798 ± 949
T+CR+MN [†]	26	40	924	1400	60	20	694

[†]Variedades existentes en una sola parcela. La media se acompaña de \pm desviación estándar. B = Bourbon; T = Typica; C = Caturra; CR = Criollo; MN= Mundo novo.

El rango altitudinal de las parcelas (841-1193 m) las cataloga como café de altura, prefiriéndose la plantación de cafetos en exposiciones suroeste y noroeste y en menor proporción la cenital (Figura 1a). Las parcelas se ubican en los sitios indistintamente de su altitud y exposición ($P = 0.12$), lo cual se ve reflejado en los niveles similares de producción de grano de café ($P = 0.8$) entre los sitios localizados a diferente exposición, siendo las parcelas ubicadas al noroeste las de mayor variabilidad (Figura 1b).

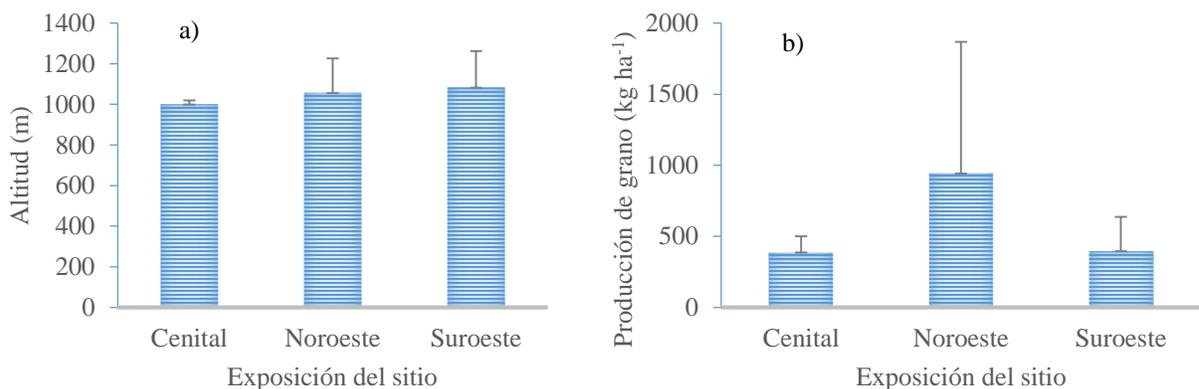


Figura 1. Altitud (a) y producción de grano de café (b) por exposición del sitio en parcelas de San Baltazar Loxicha, Oaxaca. Barras verticales en columnas representan la desviación estándar.

DISCUSIÓN

La producción de café bajo sombra en México se encuentra en terrenos accidentados en un conjunto de especies asociadas en densidades distintas, múltiples estratos y coberturas arbóreas con diferentes arreglos dependiendo del clima, humedad, suelo y otros factores (Rosas *et al.*, 2008). Estas condiciones son similares a las existentes en las parcelas de producción de café orgánico de San Baltazar Loxicha.

La variable altitud no influyó en la producción de granos de café, ya que el rango altitudinal no presentó alta variabilidad (841-1193 m); además, las parcelas de café se localizan por lo general en exposiciones noroeste y suroeste y con alta variabilidad en pendiente, que al combinarse con esos niveles de altitud, generan condiciones frescas y de humedad homogénea en los sitios. Fischersworing y Rosbkamp (2001) y Lara-Estrada (2005) mencionan que el café producido en rango altitudinal de 400 a 2000 m, genera una variabilidad en la productividad del cafeto, la cual no fue evidente en el sitio de estudio. Con base en las observaciones de campo, el periodo de maduración de café es más prolongado en exposiciones suroeste que noroeste, donde este es más corto. Con excepción de la densidad de árboles sombra, todas las variables evaluadas para medir la productividad de las parcelas de café fueron similares entre los grados de cobertura arbórea evaluados (Van-Kante *et al.*, 2004). Localizar el sitio de establecimiento de una parcela (exposiciones suroeste, noroeste y cenital) y su grado de pendiente es indiferente en ese rango estrecho de altitud (UACH, 2005).

La productividad de café, medida en peso fresco y seco de granos, así como la homogeneidad en edad de la plantación, resultó no significativa entre los niveles de cobertura arbórea evaluados. Probablemente, esto se deba a las condiciones de manejo similares de los cafetos (SMBC, 2003; Juárez, 2007). Complementando este resultado, en los recorridos al campo se observó que los cafetos producen solamente en la parte media y alta de la copa, lo cual se puede modificar cuando se presentan más de dos ramificaciones de la planta a baja altura; esto sin duda repercute en la cantidad y calidad de grano producido como consecuencia del manejo (DaMatta *et al.*, 2008; Lara-Estrada, 2005; Moraga *et al.*, 2011).

A pesar que la cobertura arbórea densa y media mostraron valores similares en producción de grano seco (852.6 y 812.9 kg ha⁻¹, respectivamente) y que éstas fueron diferentes a las encontradas en zonas con cobertura baja (369 kg ha⁻¹), el análisis de varianza no detectó diferencias entre los mismos. El problema podría estar sucediendo debido a la alta

variabilidad encontrada (desviación estándar superior a la media) que genera un problema de inflación de varianzas, no permitiendo la diferenciación de grupos (Montgomery, 2001). Estas diferencias que debieron detectarse se sustentan en una mayor presencia de materia orgánica acumulada en la superficie del suelo (65%), alta densidad de árboles sombra y mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades para las parcelas con alta densidad de sombra, donde la presencia de malezas fue menor (Van-Kante *et al.*, 2004).

Cerdán (2007) afirma que los árboles aportan ciertos beneficios al suelo, en específico modifican la productividad de café alterando ciertos elementos para su crecimiento, desarrollo y la cantidad y tamaño del grano de café, entre otros. También coincide con lo investigado por Beer *et al.* (2003), quienes dicen que las especies arbóreas aportan diferentes porcentajes de materia orgánica dependiendo la densidad de los árboles. Los dos tipos de cobertura arbórea, alta y media presentaron una semejanza en el comportamiento de plagas y enfermedades, detectando una mayor incidencia en el nivel bajo de cobertura. Esto necesariamente repercutirá en la calidad del grano, pues se generan manchas y picaduras, que para fines de producción, representa una pérdida en el precio del producto, pues no cumple con las características físicas y organolépticas que pide el mercado (Villaseñor, 1987; Barrios *et al.*, 1998; Marín *et al.*, 2003; Wart *et al.*, 2006).

La baja cobertura arbórea genera que la planta de cafeto se encuentre en plena exposición de los rayos solares; situación que origina estrés hídrico, competencia por nutrimentos en el suelo por mayor diversidad de malezas (cobertura baja: 94.11%), aumento de labor por limpia del cafetal, mayor erosión, pérdida de humedad, alteración de la tolerancia de la variedad de café, entre otros (Sosa *et al.*, 2004; Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal, Pesca y Acuacultura, 2013).

De las cinco variedades de *Coffea arabica* encontradas en las parcelas bajo estudio, la mezcla Mundo Novo-Typica fue la más productiva (3195 kg ha⁻¹), seguida de la variedad Criollo (906 kg ha⁻¹). Solís (2007) afirma que estas variedades son de porte alto, pudiendo producir en promedio 4 a 6 kg/planta la variedad Typica (Criollo), y la variedad Mundo Novo de 10 a 12 kg/planta. Estos resultados se encuentran dentro de los rangos establecidos por Solís (2007).

Por otro lado, las variedades Caturra-Bourbon (32 kg ha⁻¹) fueron de menor producción por ser originarias de África, son de alta calidad y provienen de la mutación Typica, que produce de 6 a 8 kg/planta. La variedad Caturra originaria de Brasil de porte bajo y con altos rendimientos, es mutación de Bourbon que produce de 8 a 10 kg/planta (Asociación Nacional del Café, 2013). Es importante notar que estas variedades reducen sensiblemente su productividad ante una alta densidad de árboles (Asociación Nacional del Café, 2013) y que probablemente no pudieron expresar su potencial de crecimiento debido a las condiciones diferentes existentes en las parcelas de San Baltazar Loxicha. En general, las variedades que producen mayor cantidad de granos son de porte alto, resistentes a plagas y enfermedades, soportan temperatura, humedad, deficiencias nutrimentales en suelo, alta densidad de sombra, entre otros; caso contrario sucede con las variedades de porte bajo (SMBC, 2003).

CONCLUSIONES

Las parcelas agroforestales de café orgánico de San Baltazar Loxicha se caracterizan como un sistema de producción de café de altura, distribuyéndose en rango estrecho de altitud (841-1193 m), pendiente con alta variabilidad (19-64%) y preferentemente localizadas en exposiciones suroeste y noroeste. La combinación de estas condiciones homogeniza las condiciones de los sitios de plantación, que aunados a la falta de manejo de las parcelas, no permitieron diferenciar la productividad en los niveles de cobertura arbórea evaluada.

Parcelas con cobertura de sombra densa (>75%) generan mayores acumulaciones de materia orgánica al suelo (65%) y alta susceptibilidad al ataque de broca (*Hypothenemus hampei*, 8%), roya (*Hemileia vastatrix*, 19%) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*, 55%); sin embargo, este nivel de sombra mostró menor presencia de malezas. La comunidad estudiada utiliza cinco variedades de *Coffea arabica* en diferentes combinaciones, siendo las más comunes Typica (22%) y Caturra+Criollo (38%). La mezcla Mundo Novo+Typica fue la de mayor producción de grano (3195 kg ha⁻¹), seguida de la variedad Criollo (906 kg ha⁻¹) y las variedades Caturra+Bourbon con el menor rendimiento (32 kg ha⁻¹).

LITERATURA CITADA

- Aguirre, S. y A. Carlos. 2011. Mapeo del índice de área foliar y cobertura arbórea mediante fotografía hemisférica y SPOT 5 HRG. Datos 45 (1):105-119.
- Anta, F., S. 2006. El café de sombra: un ejemplo de pago de servicios ambientales para proteger la biodiversidad. Gaceta Ecológica 80:19-31.
- Asociación Nacional del Café. 2013. Disponible en: http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Variedades_de_cafe#Bourbón (Consultado: marzo 2013).
- Barrios, A.W., C. F. Ovalle de la V., R. R. Dávila J., R. A Valdez I., M. G. Solís G. y C. R. Muñoz. 1998. Beneficiado húmedo y su control de calidad. In: Manual de Caficultura. ANACAFE. Ciudad de Guatemala. Guatemala. pp. 229-259.
- Beer, J., C. Harvey, M. Ibrahim, J. Harman, E. Somarriba y F. Jiménez. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas 10(37):37-28.
- Cerdán, C. 2007. Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de cafeticultores del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca. Tesis de Licenciatura. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 81 p.
- DaMatta, F., P. Ronchi y R. Barros. 2008. Ecophysiology of coffee growth and production. Plant Physiology 19(4):485-510.
- Fischersworing, B. y R. Rosbkamp. 2001. Guía para la caficultura ecológica. 3ª ed. Lima, Perú. pp. 134-153.
- Geel, L., M. Kinnear y H. Kock. 2005. Relating consumer preferences to sensory attributes of instant coffee food quality and preference. Island Press. Washington, USA. pp. 237-244.
- Hernández-Vásquez, E., G. V. Campos-Ángeles, J. R. Enríquez-del Valle, G. Rodríguez-Ortiz y V. A. Velasco-Velasco. 2012. Captura de carbono por *Inga jinicuil* Schltdl. en un sistema agroforestal de café bajo sombra. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 3(9): 11-22.
- Juárez, N. A. 2007. Análisis comparativo entre grandes y pequeñas fincas cafetaleras en la región de Huatusco y Coatepec. Tesis Profesional. Facultad de Economía, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 144 p.
- Lara-Estrada, L. D. 2005. Efecto de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis Profesional, CATIE, Costa Rica. 92 p.
- Marín, L., S. M., P. J. Arcila, E. C. Montoya R. y C. E. Oliveros T. 2003. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia). Cenicafé 54(3): 208-2003.
- Montgomery, D.C. 2001. Design and analysis of experiments. 5th edition. John Wiley & Sons, Inc. USA. 684 p.
- Moraga, Q. P., R. B. Taleno., M. Pilz., R. M. Hernández, J. P. Alfredo., M. Barrios, J. Haggar y W. G. Moya. 2011. Árboles de sombra e intensidad del cultivo afectan el rendimiento de café (*Coffea arabica* L.) y la valoración ecológica en Masatepe, Nicaragua. Revista Agroforestería en las Américas 11(17): 41- 47.
- Rainforest Alliance. 2009. Lineamientos para el diseño de proyectos de carbono en cafetales usando la metodología agroforestal simplificada. El Fondo de Innovación de la Corporación Financiera Internacional, un miembro del Grupo del Banco Mundial. Disponible en: <http://www.rainforest-alliance> (Consultado: abril 2013).
- Rosas, A. J., P. E. Escamilla y R. O. Ruiz. 2008. Relación de los nutrientes del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. Terra Latinoamérica 26(4): 375-384.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 User's guide. SAS Institute, Cary, N.C. USA. 4979 p.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal, Pesca y Acuicultura. 2013. Disponible en: <http://www.sedafp.oaxaca.gob.mx/noticias05022013.html> (Consultado: febrero 2013).
- SMBC. 2003. Manual de café bajo sombra. Smithsonian Migratory Bird Center. National Zoological Park. Washington, D.C. USA. pp. 36-64.
- Solís, H., C. 2007. Etapas fenológicas de 28 variedades de café en condiciones de semillero. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 69 p.
- Sosa, M. L., P. E. Escamilla y C. S. Díaz. 2004. Organic coffee. Coffee: growing processing, sustainable production. A guide book for growers, processors, traders and researchers. Wileys-VCH Verlag Kga. Weinheim, Germany. pp. 339-354.
- UACH. 2005. Acciones de fomento productivo y mejoramiento de la calidad del café en México. Evaluación Nacional Externa. Universidad Autónoma Chapingo (CRUO-CENIDERCAFE). SAGARPA. Consejo Mexicano del Café. Huatusco, Veracruz. México. 104 p.
- Van-Kante, J. Beer, G. Schroth y P. Vaast. 2004. Interacciones competitivas entre *Coffea arabica* y árboles maderables de rápido crecimiento en Pérez Zeledón, Costa Rica. Tecni-Libros. Costa Rica. 135 p.
- Villaseñor, A. 1987. Caficultura moderna en México. Agro comunicación Sáenz Colín y Asociados. Texcoco, México. pp. 327-340.

Wart, Z., J. M. Rojo., J. De la Cruz y N. Yeumans. 2006. Coberturas y la salud del suelo. Universidad Earth. Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. Pp. 12-19.