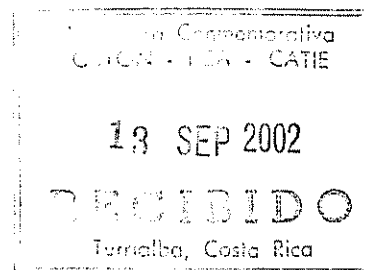


CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS



SELECCIÓN DE ÁRBOLES PARA SOMBRA EN CAFETALES
DIVERSIFICADOS DE CHIAPAS

POR

CRISTINA YÉPEZ PACHECO

Turrialba, Costa Rica
2001

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS

**SELECCIÓN DE ÁRBOLES PARA SOMBRA EN CAFETALES
DIVERSIFICADOS DE CHIAPAS**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgraduados, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar por el grado de

Magister Scientiae

Por
Cristina Yépez Pacheco

Turrialba, Costa Rica

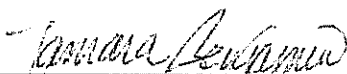
2001

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la Escuela de Posgraduados, el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de *Magister Scientiae*.

Comité Consejero:



Reinhold Muschler, Ph. D.
Consejero Principal



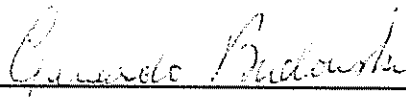
Tamara Benjamin, Ph. D.
Miembro Comité Consejero



Oscar Brenes, M. Sc.
Miembro Comité Consejero



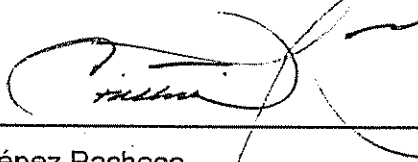
Miguel Ángel Musálem, Ph. D.
Miembro Comité Consejero



Gerardo Budowski, Ph. D.
Miembro Comité Consejero



Al Moslem, Ph. D.
Director de la Escuela de Posgraduados



Cristina Yépez Pacheco
Candidata

DEDICATORIA

A los Doctores:

Gerardo Budowski y
Miguel Ángel Musálem

Como un reconocimiento a su calidad científica y humana en el estudio y la enseñanza de los sistemas agroforestales.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a las siguientes instituciones por su apoyo durante mis estudios de postgrado: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica; Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México; Pronatura Chiapas, A.C.; Departament for International Development (DFID), Inglaterra; y Fundación Rockefeller, México.

A mi comité asesor por su valiosa orientación durante mi trabajo de investigación: Ph. D. Reinhold Muschler y Ph. D. Tamara Benjamín, GTZ/CATIE; M. Sc. Oscar Brenes, WWF/CATIE; Ph. D. Gerardo Budowski, Universidad para La Paz, ONU, Costa Rica; Ph. D. Miguel Ángel Musálem, INIFAP, México.

Al personal del Herbario de El Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR), México, por su colaboración en las actividades de colecta e identificación del material botánico: Ph. D. Mario Ishiki; Henri Castañeda y Miguel Martínez. A Ph. D. Lorena Soto por sus sugerencias al trabajo y a Biól. Mercedes Gordillo por su colaboración en las bases de datos e ilustraciones.

A Pronatura Chiapas, A.C. por apoyar la realización de este trabajo dentro del Programa Conservación de Bosques de Niebla y Desarrollo Rural. Particularmente a Biól. Rosa María Vidal, Biól. Romeo Domínguez, Sr. Manuel Huz De León, Isauro Vidal Rodríguez y Juan Rabasa Tovilla.

A los productores de Tapalapa e Ixhuatán, especialmente a las organizaciones "Ixcafé Aromático" S.S.S. y "Unión de Productores de Café Bosque de Niebla de Tapalapa" S.S.S.; a los Sres. Fidel Velasco Zepeda, Juan Gómez, Tomás Gómez, Facundo Díaz y Palemón Morales por sus significativos aportes a esta investigación.

A mis padres Yolanda Pacheco Rodas y Fernando Diego Yépez y Hernández por motivarme con su apoyo y su ejemplo profesional. A toda mi familia y amigos por su respaldo y estímulo en la realización de este proyecto.

BIOGRAFÍA

La autora nació en Tapachula, Estado de Chiapas, México el 24 de julio de 1974. De 1980 a 1992 Realizó sus estudios de primaria, secundaria y bachillerato en Ciencias y Humanidades en el Instituto Tapachula, A.C. en Tapachula, Chiapas. Cursó estudios profesionales de Ingeniería en Agroecología en la Universidad Autónoma Chapingo. Graduada con Mención Honorífica en 1997 por su trayectoria académica y su trabajo de investigación "Evaluación de la sustentabilidad de cafetales bajo manejo orgánico, mediante el balance de nutrientes en la Unión Majomut, Chiapas".

De 1997 a 1999 ejerció como asesora técnica en Agroecología para el programa Conservación de Bosques de Niebla y Desarrollo Rural en regiones indígenas del Norte de Chiapas con Pronatura Chiapas, A.C. Durante los mismos años se formó como inspectora de Agricultura Orgánica por la Asociación Internacional de Inspectores Orgánicos (IOIA), Asociación Mexicana de Inspectores Orgánicos (AMIO, A.C.) y CERTIMEX, S.C., agencia certificadora mexicana para la que ejerce como inspectora de café orgánico.

En enero de 2000 ingresó a la Maestría en Agroforestería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica, y se graduó en diciembre de 2001 sustentando el trabajo de investigación "Selección de árboles para sombra en cafetales diversificados de Chiapas". Actualmente colabora como consultora externa en el Departamento de Agricultura CATIE.

CONTENIDO

| | |
|--|------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| BIOGRAFÍA | v |
| CONTENIDO | vi |
| RESUMEN | viii |
| SUMMARY | ix |
| LISTA DE CUADROS | x |
| LISTA DE FIGURAS | xii |
| LISTA DE APÉNDICES | xiii |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Importancia del tema de investigación | 1 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.3. Hipótesis | 3 |
| | |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. Sistemas de producción de café | 4 |
| 2.2. La sombra en la producción de café | 5 |
| 2.2.1. Razones para cultivar de café bajo sombra | 7 |
| 2.2.2. Tipos de sombra en México | 10 |
| 2.2.3. Normas para la certificación de café bajo sombra | 12 |
| 2.3. El uso de los árboles como sombra para café | 14 |
| 2.3.1. Patrones de sombra | 14 |
| 2.3.2. Especies arbóreas para sombra | 16 |
| 2.3.3. Atributos y características como criterios de selección | 17 |
| | |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 21 |
| 3.1. Localización y descripción del área de estudio | 21 |
| 3.2. Descripción de la metodología aplicada | 23 |
| 3.2.1. Caracterización de la producción de café | 25 |
| 3.2.2. Caracterización de la sombra | 25 |
| 3.2.3. Identificación de especies para sombra | 26 |

| | |
|--|----|
| 3.2.4. Identificación y valoración de criterios de selección | 26 |
| 3.2.5. Evaluación de especies | 28 |
| 3.3. Análisis de la información | 30 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 31 |
| 4.1. Caracterización del sistema de producción | 31 |
| 4.1.1. Productores | 31 |
| 4.1.2. Cultivo de café | 31 |
| 4.1.3. Sombra | 32 |
| 4.1.3.1. Establecimiento | 34 |
| 4.1.3.2. Prácticas de manejo | 34 |
| 4.1.3.3. Percepción de los productores sobre la importancia de la sombra para el cultivo del café | 36 |
| 4.1.4. Cumplimiento de normas para certificación de café bajo sombra | 37 |
| 4.2. Diversidad, abundancia y selección de árboles para sombra | 40 |
| 4.2.1. Caracterización de especies | 40 |
| 4.2.2. Criterios de selección para árboles de sombra | 43 |
| 4.2.3. Evaluación de especies en cafetales diversificados | 51 |
| 5. CONCLUSIONES | 54 |
| 6. RECOMENDACIONES | 55 |
| 7. LITERATURA CITADA | 56 |
| 8. APÉNDICES | 63 |

Yépez Pacheco Cristina, 2001. Selección de árboles de sombra en cafetales diversificados de Chiapas. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p.

RESUMEN

La necesidad de examinar y evaluar críticamente las características de árboles usados en sistemas agroforestales ha sido ampliamente reconocida. En sistemas tradicionales el proceso de selección de especies contempla las funciones de producción, la protección de cultivos y la conservación de la biodiversidad.

Para sustentar el diseño de un sistema comprensivo de selección de especies arbóreas para sombra de café se estudiaron atributos o características utilizados por productores en la selección de árboles de sombra en cafetales tradicionales en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas, México. Los atributos de selección de la literatura y encontrados en este estudio se agruparon en ocho conjuntos de características: (1) copa, (2) fuste, (3) raíz, (4) sanidad, (5) manejo, (6) compatibilidad, (7) servicios y (8) productos. Estos grupos fueron propuestos como criterios para evaluar el potencial de especies para sombra (PES) que fundamenta en dos índices que reflejan las preferencias y necesidades locales: (i) un índice de atributo (IA) construido a través de un análisis de frecuencia y ponderación de atributos deseables y (ii) un índice de cluster (IC) que se basa en los IA de cada grupo de características. De los 34 reportados para la zona de estudio los atributos más importantes fueron: (a) alta producción de follaje para incorporación de materia orgánica al suelo, (b) sistema radicular profundo y (c) ausencia de susceptibilidad a plagas y enfermedades que provoquen defoliación súbita. El análisis del PES de 135 especies de árboles para sombra de café en las zonas de estudio indicó los más altos valores para 25 especies arbóreas.

Palabras clave: café, *Coffea arabica* L., criterios, atributos deseables, selección de especies, especies nativas, diversidad, agroforestería.

Yépez Pacheco Cristina, 2001. Selection of shade trees within diversified coffee plantations in Chiapas. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 87 p.

SUMMARY

The need to critically examine and evaluate the characteristics of trees used within agroforestry systems has been widely recognized. Within traditional systems, the species selection process considers yield interaction, crop protection and biodiversity conservation.

This study identifies attributes used by farmers as a selection criteria under traditional systems in Ixhuatan and Tapalapa, Chiapas, Mexico. The selected attributes reported in the literature and found in this research were grouped into eight clusters of characteristics: (1) crown, (2) stem, (3) roots, (4) health, (5) management, (6) compatibility, (7) services and (8) products. Furthermore these clusters were proposed to design a shade species potential (SSP) evaluation method which is based on two indices that reflect the local preferences and necessities: (i) attribute index (AI) to construct a frequency and weighted analysis of preferred characteristics, and a (ii) cluster index (CI) calculated on the AI within each cluster of characteristics. The most important attributes were: high foliage production to incorporate organic matter into the soil, deep root systems, and absence of susceptibility to pests and diseases which might cause sudden defoliation. The SSP method was applied to 135 coffee shade trees in the studio zones to indicated the better values for 25 tree species.

Key words: coffee, *Coffea arabica* L., criteria, desirables attributes, native species, agroforestry.

LISTA DE CUADROS

| | | |
|------------|--|----|
| Cuadro 1. | Características de los sistemas de producción de café intensivo y campesino. Adaptado de Beer (1995). | 4 |
| Cuadro 2. | Normas de Smithsonian y Rainforest Alliance para certificación de café bajo sombra. | 13 |
| Cuadro 3. | Características deseables de árboles para sombra, según diferentes autores. | 19 |
| Cuadro 4. | Características para evaluar el potencial de una especie como árbol de sombra en cafetales. Bellow y Muschler (1999). | 20 |
| Cuadro 5. | Métodos de investigación y análisis aplicados en el estudio sobre selección de árboles para sombra de cafetales diversificados en Chiapas, México. 2001. | 24 |
| Cuadro 6. | Caracterización de la producción de café en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 32 |
| Cuadro 7. | Caracterización de la sombra de café en 30 cafetales de Ixhuatán y 30 cafetales de Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 33 |
| Cuadro 8. | Prácticas de manejo de los árboles de sombra de café en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México. 2001. | 35 |
| Cuadro 9. | El papel de la sombra sobre el cultivo de café. Percepción de los productores (n=60) de Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 36 |
| Cuadro 10. | Valoración del cumplimiento de normas de Smithsonian Migratory Bird Center en cafetales estudiados de Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 38 |
| Cuadro 11. | Valoración del cumplimiento de normas de Rainforest Alliance para certificación de café de sombra en cafetales estudiados de Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 39 |
| Cuadro 12. | Especies de sombra más abundantes en cafetales de Ixhuatán, Chiapas. México, 2001. | 41 |
| Cuadro 13. | Especies de sombra más abundantes en cafetales de Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 41 |

| | | |
|------------|--|----|
| Cuadro 14. | Percepción de los productores de Ixhuatán y Tapalapa sobre las ventajas de las especies locales y desventajas de las especies introducidas para sombra de café. Chiapas, México, 2001. | 42 |
| Cuadro 15. | Los atributos más importantes como criterios de selección para árboles de sombra según los índices de atributo (IA de 0-3). Ixhuatán, Chiapas. México, 2001. | 44 |
| Cuadro 16. | Los atributos más importantes como criterios de selección para árboles de sombra según los índices de atributo (IA de 0-3). Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 44 |
| Cuadro 17. | Jerarquía de grupos de características establecida mediante valores de índice de cluster (IC) calculados en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 49 |
| Cuadro 18. | Evaluación del potencial de especies para sombra (PES). Porcentaje de especies con mayor calificación en cada grupo de características. Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 51 |
| Cuadro 19. | Árboles de Ixhuatán con más alto potencial como árboles de sombra según evaluación PES=13.2 para todas las especies (máximo 24). Chiapas, México, 2001. | 52 |
| Cuadro 20. | Árboles de Tapalapa con más alto potencial como árboles de sombra según evaluación PES=17.3 para todas las especies (máximo 24). Chiapas, México, 2001. | 52 |
| Cuadro 21. | Especies maderables con potencial para sombra en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas, México. 2001. | 53 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1. | Sistemas de producción de café bajo sombra. Modificado de Moguel y Toledo (1999). | 11 |
| Figura 2. | Patrones de sombra. Fuente: Muschler, 2000. | 15 |
| Figura 3. | Algunas especies arbóreas y su sombreamiento típico según la intensidad y distribución de su sombra. Fuente: Muschler, 2000. | 15 |
| Figura 4. | Localización del área de estudio. | 21 |
| Figura 5. | Modelo de selección de especies para sombra. Método PES (representación parcial). | 29 |
| Figura 6. | Índices de cluster (IC) para grupos de características como criterios de selección de árboles de sombra en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 50 |

LISTA DE APÉNDICES

| | | |
|--------------|--|----|
| Apéndice 1. | Guía de entrevista. | 64 |
| Apéndice 2. | Ficha caracterización de la sombra. | 70 |
| Apéndice 3. | Guía de taller participativo. | 71 |
| Apéndice 4. | Ficha de colecta botánica. | 72 |
| Apéndice 5. | Familias botánicas y riqueza de especies. Árboles de sombra en Ixhvatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 73 |
| Apéndice 6. | Árboles para sombra de café en Ixhvatán, Chapas. México, 2001. | 74 |
| Apéndice 7. | Árboles para sombra de café en Tapalapa, Chiapas. México. 2001. | 77 |
| Apéndice 8. | Índices de atributos deseables (IA) para selección de árboles de sombra en Ixhvatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 79 |
| Apéndice 9. | Evaluación del potencial para sombra (PES) de acuerdo con la calificación obtenida en cada grupo de características (IC) de las especies arbóreas utilizadas en Ixhvatán, Chiapas. México, 2001. | 82 |
| Apéndice 10. | Evaluación del potencial para sombra (PES) de acuerdo con la calificación obtenida en cada grupo de características (IC) de las especies arbóreas utilizadas en Tapalapa, Chiapas. México, 2001. | 86 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Importancia del tema de investigación

La investigación agroforestal dedicada a sistemas de producción que combinan árboles con cultivos ha evolucionado fuertemente en las últimas décadas. El potencial sinérgico de las interacciones entre los componentes de sistemas se reconoce cada vez más por sus contribuciones a los ingresos de los productores y la estabilidad ecológica de los sistemas agroforestales (Nair *et al.*, 1995).

Actualmente, el estudio de cafetales bajo sombra recibe mucha atención no sólo por la importancia económica y social del café (*Coffea arabica* L.), sino también por los diversos beneficios ambientales debidos a la presencia de árboles. Por ejemplo se han estudiado, entre otros, los siguientes aspectos (Beer *et al.*, 1998): fijación de nitrógeno y captura de carbono (Nygren y Ramírez, 1993; Nygren, 1995); reciclaje de nutrientes y control de la erosión (Roskoski, 1982; Fassbender, 1991 y 1993; Nair, *et al.*, 1995; Vaast y Snoeck, 1999); conservación de agua (Fassbender, 1982 y 1993; Jiménez, 1986; Sharma, 1993) y conservación de la biodiversidad asociada (Aguilar-Ortíz, 1982; Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg, 1997).

Frente a la alta diversidad de árboles en cafetales con más de cincuenta especies registradas en estudios etnobotánicos (Perfecto *et al.*, 1996; Moguel y Toledo, 1999; Beaucage *et al.*, 1999; Soto-Pinto, 2000) el número de especies estudiadas es pequeño. En particular hay poca información sobre especies nativas como árboles de sombra, sobre su compatibilidad con café y sobre su importancia ecológica.

Los sistemas tradicionales de cultivo de café en la agricultura indígena y campesina han contribuido de manera importante al desarrollo de conocimientos sobre especies nativas aptas para sombra. Tal es el caso de los cafetales tradicionales de México, donde el café se cultiva bajo sombra en muchos casos del dosel escasamente modificado de los bosques tropicales.

Con cerca del 10% de la producción mundial, México es el quinto productor más grande de café y el primer productor de café orgánico. Chiapas, con el 35% de la producción nacional y 80 mil productores, es el principal estado productor en México (CMC, 2001).

Este trabajo de investigación se realizó en dos zonas cafetaleras de Chiapas consideradas representativas de la distribución altitudinal del cultivo en el estado, así como de la producción campesina tradicional e indígena de café. Se identificaron las especies utilizadas para sombra de café y se colectaron muestras botánicas para su clasificación, se recopiló información sobre los atributos de relevancia para su asocio con el cultivo y las condiciones de manejo local. Con ello se propone un modelo de selección de árboles de sombra para cafetales diversificados.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Contribuir al conocimiento y desarrollo del sistema café con árboles de sombra que fomente la conservación de la biodiversidad.

1.2.2. Objetivos específicos

- a. Caracterizar el sistema de producción y componente arbóreo de sombra de los cafetales en las zonas de estudio según el tipo de sombra, la diversidad de especies, los estratos, las densidades de sombra, el manejo y el cumplimiento con las normas para la producción certificada de café con sombra.
- b. Construir un marco de criterios para la selección de árboles compatibles con café.
- c. Contrastar los criterios de selección para árboles de sombra propuestos por la literatura con los criterios utilizados por productores en las zonas de estudio.
- d. Elaborar un modelo de selección de árboles de sombra para sistemas diversificados de producción de café.
- e. Evaluar el potencial de las especies identificadas en la zona de estudio como árboles de sombra.

1.3. Hipótesis

- a. En las zonas de estudio los sistemas de producción de café contienen una alta diversidad de especies arbóreas nativas utilizadas para sombra.
- b. Las características de los sistemas de producción de café en las zonas de estudio les confieren un alto cumplimiento con las normas de certificación de café con sombra.
- c. Es posible identificar un conjunto de atributos como criterios para la selección local de árboles para sombra de café.
- d. Existen diferencias entre los criterios reportados por la literatura y los utilizados por los productores para la selección de árboles para sombra en cafetales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistemas de producción de café

La cafecultura de países en desarrollo se lleva a cabo fundamentalmente en dos sistemas o modelos de producción. Uno basado en la tecnología para lograr rendimientos máximos del cultivo denominado sistema intensivo, y otro basado en una estrategia de aprovechamiento integral y usos múltiples del sistema que es practicado generalmente por el sector indígena y campesino. El sistema intensivo depende del uso fuerte de insumos externos y predomina en las grandes fincas con capital para inversión en mano de obra y agroquímicos, mientras que el sistema campesino de bajos insumos se desarrolla típicamente en pequeñas superficies con mano de obra familiar (cuadro 1).

Cuadro 1. Características de los sistemas de producción de café intensivo y campesino. Adaptado de Beer (1995).

| SISTEMA DE PRODUCCIÓN INTENSIVO | SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAMPESINO |
|--|---|
| Alta producción (30-50 Qq* pergamino/ha) | Baja producción (8 a 20 Qq pergamino/ha) |
| Alto riesgo económico | Bajo riesgo económico |
| Dependencia de insumos externos | Poca o nula dependencia de insumos externos |
| Acceso a tecnología moderna | Poco o nulo acceso a tecnología moderna |
| Mano de obra contratada | Mano de obra familiar |
| Variedades de porte bajo | Variedades de porte alto |
| Monocultivo | Policultivo |
| Densidad de siembra alta con >3000 plantas/ha | Densidad de siembra baja con 1000-2500 plantas/ha |
| Longevidad de las plantas de café <20 años | Longevidad de las plantas de café >20 años |
| Nada o muy poca sombra y homogénea (un solo estrato) con 0-70 árboles/ha | Abundante sombra en multiestratos 50-600 árboles/ha |
| Alto grado de contaminación y deterioro de recursos naturales | Bajo grado de contaminación y deterioro de recursos naturales |

*1 Qq = 1 Quintal = 60 kilogramos de café pergamino

En el sistema de producción intensivo la estrategia se enfoca a la producción en monocultivo con fuerte manejo: altas densidades de plantación, variedades de porte bajo, poca o ninguna sombra y altos niveles de aplicación de agroquímicos. Aunque puede ser económicamente rentable en el corto plazo bajo condiciones favorables, el sistema intensivo de producción está sujeto a altos riesgos financieros por la inestabilidad de los precios internacionales de café y a los precios ascendentes de los agroquímicos (Vaast, 1999). En estos sistemas de producción se alcanzan los máximos rendimientos de café; sin embargo, la producción intensiva resulta en una reducción de la longevidad de la plantación y otros efectos al ambiente como la pérdida de la biodiversidad, reducción de la fertilidad de suelos y una alta contaminación ambiental (Moguel y Toledo, 1999). Podrían exceptuarse sólo algunas fincas que han establecido medidas para reducir estos impactos como la orientación al cultivo orgánico.

En contraste, en la producción campesina, la mayoría de los productores tienen pequeñas superficies y bajos rendimientos que son una parte de la producción diversificada de la finca aparte de madera, leña y frutas. Se aprovecha la capacidad familiar de trabajo y no existe una dependencia obligatoria de insumos externos como agroquímicos. De esta manera se reducen o eliminan los riesgos de contaminación y pérdida de biodiversidad y se favorece la sostenibilidad a largo plazo de la producción cafetalera.

En México, se estima que entre el 60 y 70% del café proviene del sector indígena y campesino producido bajo sistemas con sombra diversificada de árboles nativos e introducidos. El resto se cultiva en sistemas tecnificados con sombra especializada o sin sombra (Nolasco, 1985; Nestel, 1995; Moguel y Toledo, 1999).

2.2. La sombra en la producción de café

Para entender el uso de la sombra en los dos sistemas de producción de café se deben considerar los factores que originaron el proceso de modernización de la caficultura en el mundo. Soto-Pinto (2000) resalta tres factores principales: 1) la influencia de la revolución verde, que trajo el aumento en la aplicación de insumos químicos, la introducción de semillas mejoradas y la eliminación de árboles del cafetal o "desombre"; 2) la expectativa de mayores rendimientos originados por el desombre de los cafetales, un argumento ampliamente difundido en las décadas de los sesenta y setenta (por ej. Gutiérrez, 1968; Harper 1970); (3) la atribución a la sombra del incremento en la

incidencia de algunas enfermedades como la roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.) en África (Coyner, 1960), a pesar de que otros estudios mostraron que la remoción completa de árboles en cafetales provocaba también una alta incidencia de esa y otras enfermedades (Sylvain, 1958).

Cabe señalar que la discusión en torno a la pertinencia del uso de la sombra tiene antecedentes mucho tiempo atrás. Desde 1901, un reporte preparado por Cook resumía las distintas opiniones: "Algunos expertos admiten que el uso de la sombra se limita a bajas altitudes o a regiones sujetas a sequía, mientras otros insisten que el café no se cultiva provechosamente en lugares donde la sombra es necesaria" (Cook, 1901, p. 5).

Dentro de este contexto, en todos los países productores de café el modelo de producción especializado fue difundido por la asistencia técnica gubernamental llevando a reducir la densidad y diversidad de sombra en los cafetales, hasta el extremo del café de sol como ocurrió en muchas partes de Brasil, Colombia, Venezuela y Costa Rica (Soto-Pinto, 2000). En los años setenta, las agencias de extensión agrícola recomendaban a los productores evitar plantar el cafeto donde fuese necesaria la sombra (INMECAFE, 1978).

En México, este modelo no pudo generalizarse; el cultivo se propagó ampliamente en zonas subóptimas con requerimiento de sombra. Las condiciones de 17 a 18°C de temperatura y altitud entre 900 y 1200 msnm recomendadas por el Instituto Mexicano del Café (INMECAFE, 1978) sitúan al 80% de la producción fuera de las condiciones óptimas. La misma agencia de extensión siempre incluyó en su paquete tecnológico algunas recomendaciones técnicas para el uso de la sombra, y la mayor parte de la superficie cultivada de café no sufrió el desombre, a pesar de que en los años setenta fue promovido.

La producción bajo sombra diversificada también resultó por que el grueso de la producción se concentró en manos de productores campesinos con escasos recursos. A diferencia de lo que sucede en los principales países productores de América tropical como Brasil y Colombia, el café en México es producido fundamentalmente por familias campesinas e indígenas y en pequeña escala (Moguel y Toledo, 1999).

A pesar de que los primeros productores en México fueron grandes finqueros, el café se convirtió en un producto campesino sembrado por minifundistas. De los 283 mil productores, 200 mil tienen lotes menores a dos hectáreas, ubicados en regiones subóptimas a marginales, y más del 60 por ciento de los productores son indígenas (Hernández, 2000). Lo anterior es el resultado de la historia agraria y cultural del país, donde la sabiduría indígena se apropió de un cultivo exótico originario de África que arribó a México a fines del siglo XVIII para adaptarlo a los sistemas agroforestales nativos (Moguel y Toledo, 1999).

Un análisis estadístico de correlaciones múltiples entre rendimiento y algunas de las variables características de los distintos sistemas de producción realizado en México por Nolasco (1985) encontró que los rendimientos tienen una estrecha relación con el nivel tecnológico del sistema de producción. Sin embargo, no hubo una diferencia marcada entre la producción en monocultivo o policultivo, indicando que la opinión de que hay que eliminar el policultivo para aumentar la productividad carece de sustento, y que una propuesta para la cafecultura que ignore al policultivo excluiría a la mitad de los productores mexicanos.

Otro estudio sobre el efecto de la sombra en la producción de café en la región norte de Chiapas tampoco detectó un efecto de la densidad de árboles *per se* o su área basal sobre los rendimientos (Soto-Pinto *et al.*, 2000). El único efecto relacionado con los rendimientos fue la cobertura de sombra, muy probablemente en función de la altitud (entre 800 y 1200 msnm), radiación, exposición u otros factores ambientales. En esa zona los rendimientos no declinaron hasta un 48% de cobertura de sombra.

2.2.1. Razones para cultivar el café bajo sombra

Como se ha señalado en los párrafos anteriores, la distribución geográfica del cultivo del café en México hace necesario el uso de la sombra en la mayoría de los cafetales, mientras que el rendimiento del cultivo no representa la razón de más peso para preferir o evitar su uso.

Entre las razones para el uso de la sombra en café, inclusive en las zonas óptimas para el cultivo, destacan los requerimientos ecofisiológicos del cultivo, la sostenibilidad de la

producción a largo plazo, la calidad del grano, la sanidad del cultivo, la conservación de la biodiversidad y los usos múltiples de esta biodiversidad.

a) Ecofisiología del cultivo

El café (*Coffea arabica* L.) originario del sotobosque de altura de Etiopía, en su estado natural despliega características de adaptación a la sombra. Entre los efectos sobresalientes de la sombra sobre la ecofisiología del cultivo figuran según Muschler, (2000):

- 1) La tasa fotosintética del café bajo sombra es óptima entre 18 y 22 °C (Kumar y Tieszen, 1980).
- 2) En sitios subóptimos para café (p.e. por temperaturas más altas, como en muchas partes de Chiapas), un sombreado intermedio puede favorecer la producción, mientras que la sombra excesiva (por ej. <20% de la radiación fotosintéticamente activa o RAFA) y una deficiencia de sombra (>80% de la RAFA) pueden reducir la producción.
- 3) La exposición repentina a pleno sol de una planta que creció bajo sombra inhibe la producción de la planta, un efecto conocido como "fotoinhibición" (Nunes *et al.*, 1993).

b) Calidad del grano

Los efectos de la sombra sobre la calidad del grano de café han sido estudiados especialmente en función del nivel o cobertura de sombra para condiciones de baja altitud. Tal es el caso de un estudio realizado por Muschler (1998) para una zona cafetalera baja en Costa Rica (<800 msnm) con altas temperaturas para café, en el cual la producción de café de calidad (grano sano) fue mayor a niveles intermedios de sombra (30 a 45%). Bajo mucha sombra, la poca disponibilidad de luz limitó la producción de grano; con poca sombra o sin sombra, las plantas se agotaron más fuertemente, reflejado también en un aumento de frutos deformados y una reducción de la producción de frutos de calidad (Muschler, 2001).

Pruebas organolépticas con las variedades de café Caturra y Catimor 5175 indicaron que las muestras provenientes de parcelas con 50 a 80% de sombra superaron a las muestras de parcelas a pleno sol, principalmente en los atributos apariencia en verde, tueste y cuerpo (Salazar, 1999; Muschler, 2001).

c) Sostenibilidad de la producción

Desde los años ochenta destacan los estudios que demuestran que en los sistemas a pleno sol los rendimientos no pueden sostenerse por un largo período. Investigaciones sobre agroecosistemas cafetaleros (Jiménez-Ávila y Gómez-Pompa, 1982; Roskoski, 1982; Barradas y Fanjul, 1984) han revelado la mayor estabilidad de los sistemas bajo sombra. Comparados con sistemas a pleno sol, los sistemas de café bajo sombra sostienen mayores niveles de biomasa, nutrientes, biodiversidad aérea y del suelo, tienen menos malezas, plagas y enfermedades (Guharay *et al.*, 2001), así como un mejor balance hídrico y microclimático (Nestel, 1995; Cifuentes, 1997; Moguel y Toledo, 1999; Vaast y Snoeck, 1999; Soto-Pinto, 2000; Vaast *et al.*, 2001).

La presencia de capas o estratos vegetales en los cafetales con sombra permite un mayor aprovechamiento de la energía solar y de la biomasa que se deposita en la superficie del suelo, garantizando condiciones de importancia vital para el cafeto como el reciclaje de nutrientes y las condiciones de humedad y materia orgánica en el suelo necesarios para una alta actividad microbiana (Cifuentes, 1997).

d) Conservación de la biodiversidad

Los árboles en cafetales también juegan un papel importante para la conservación de la biodiversidad en paisajes agrícolas. Estudios recientes en México y otros países han resaltado su importancia ecológica (Martínez y Peters, 1996; Greenberg *et al.*, 1997; Moguel y Toledo, 1999; Soto-Pinto *et al.*, 2000) a raíz de la riqueza biológica de las plantaciones tradicionales que contribuyen a vincular áreas protegidas a través de zonas cafetaleras para así formar un corredor biológico mesoamericano y conservar su riqueza de especies. Los árboles no sólo favorecen una rica flora de epífitas, ellos también atraen y mantienen pájaros y mamíferos por su oferta de frutos, néctar, insectos y artrópodos (Moguel y Toledo, 1999).

Las aves han sido uno de los grupos taxonómicos más empleados como indicador de biodiversidad en los paisajes cafetaleros del mundo. Diversas investigaciones en México (Aguilar-Ortíz, 1982; Greenberg *et al.*, 1997; Perfecto *et al.*, 1996; Martínez y Peters, 1996; Moguel y Toledo, 1999) han mostrado que hay más aves residentes y migratorias en cafetales bajo sombra y que el número de especies baja conforme que la complejidad

de la sombra se reduce de una plantación rústica a policultivo tradicional, a policultivo comercial, y por último a un monocultivo con sombra o un monocultivo sin sombra.

e) Usos múltiples

Aunque la investigación agroforestal hasta ahora ha enfatizado el uso maderable de árboles en cafetales (Somarriba, 1992; Hernández, 1995; Beer *et al.*, 1997), en la práctica campesina los árboles constituyen un componente multipropósito para la mayoría de los productores. Por ejemplo, en muchas regiones cafetaleras, la leña que se obtiene de los cafetales (poda de árboles y cafetos) constituye la fuente principal de energía (Beer, 1985; Heuveldop, 1985; Beer, 1991; Budowski, 1992; Galloway y Beer, 1997). Los productos frutales, medicinales, artesanales, condimenticios y ornamentales son otros usos reconocidos de los árboles de sombra para café, particularmente en sistemas altamente diversificados de productores indígenas (Soto-Pinto *et al.*, 2000; Beaucage *et al.*, 2000; Moguel y Toledo, 2000).

2.2.2. Tipos de sombra en México

Los sistemas de producción de café en México se han clasificado por características del componente arbóreo que permiten distinguir conjuntos homogéneos con rasgos reconocibles entre cafetales. Esta clasificación fue propuesta por Nolasco (1985) distinguiendo los sistemas de producción de café por el origen, el tipo y el uso de los árboles de sombra. Moguel y Toledo (1999) agregaron a esta clasificación el grado de modificación del ecosistema forestal nativo, especialización y uso de insumos externos. La combinación de los criterios de estos autores resulta en la identificación de cuatro sistemas (figura 1, página 11).

a) Sistema de monocultivo bajo sombra

Este sistema contiene árboles de sombra plantados con ese fin, frecuentemente dominados por una sola especie leguminosa del género *Inga*; consiste en una plantación monoespecífica bajo un dosel igualmente especializado. Se usa principalmente por medianos y grandes productores, los cuales representan menos del 10% del total de productores (Moguel y Toledo, 1999). Dicho sistema depende fuertemente de insumos industriales, como fertilizantes y pesticidas, y suele obtener elevados rendimientos de café por hectárea.

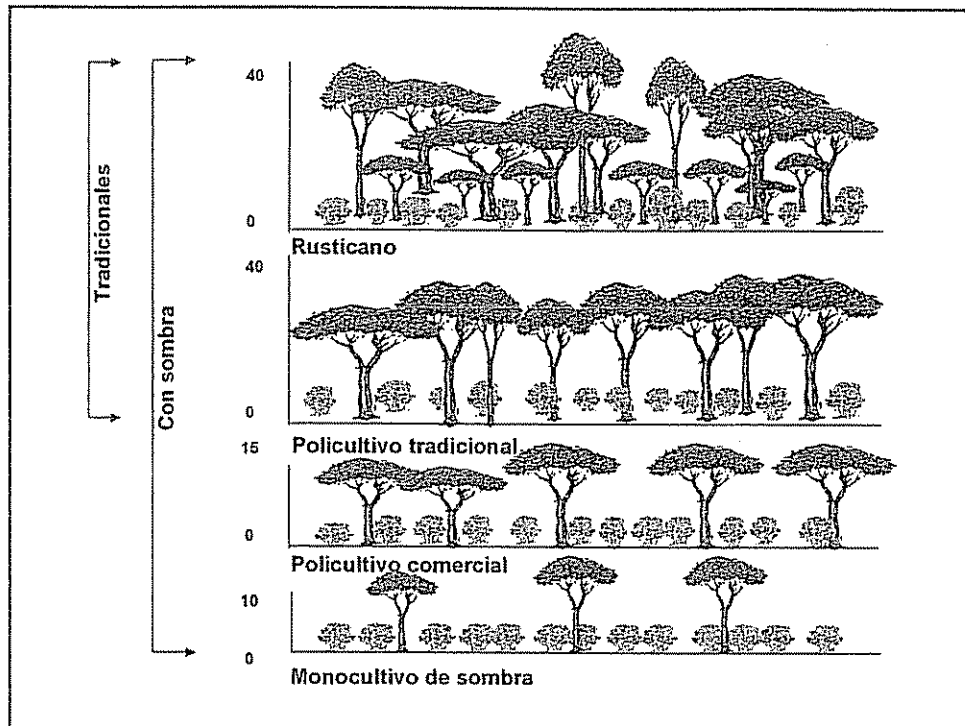


Figura 1. Sistemas de producción de café bajo sombra. Modificado de Moguel y Toledo (1999).

b) Sistema de policultivo comercial

Igual que el sistema anterior, este sistema se establece al sustituir la cobertura forestal original por especies introducidas que tienen como fin dar sombra u obtener algún producto comercial. Predominan los árboles del género *Inga*, combinadas con cítricos, cedro (*Cedrela mexicana* Roem.), pimienta (*Pimenta dioica* L.), hule (*Hevea brasiliensis* L.) plátano (*Musa spp.*) u otras especies comerciales (Moguel y Toledo, 1999). En este sistema se utilizan agroquímicos con menor frecuencia que en el sistema especializado y los ingresos financieros del sistema no dependen exclusivamente de los rendimientos del cultivo de café.

c) Sistema de policultivo tradicional

Se conoce como policultivo tradicional por que este sistema se basa principalmente en el conocimiento tradicional de la cultura indígena que ha adoptado el cultivo de café combinando una variedad de especies arbóreas y arbustivas tanto de la vegetación

natural como de plantas cultivadas. Los sistemas de policultivo comercial y tradicional representan entre el 50 y 60% de los predios cafetaleros en México (Moguel y Toledo, 1999), con una baja o nula aplicación de insumos químicos, y se asocia con medianos y pequeños productores que son tanto ejidatarios como propietarios. Actualmente, un gran número de los productores de café que cultivan bajo este sistema en México han incursionado en la producción de café orgánico.

d) Sistema rusticano

El sistema rusticano, también denominado sistema de montaña o con sombra natural por Lock (1888), incluye una gran diversidad de árboles de sombra de crecimiento natural dentro de los cafetales. Este sistema puede considerarse casi como un bosque natural aclarado donde se sustituyen plantas arbustivas y herbáceas por cafetos. Este sistema representa el de menor afectación al ecosistema forestal original, no se aplican agroquímicos y los rendimientos de café son muy bajos. Se asocia principalmente con pequeños productores en zonas montañosas, mal comunicadas, usualmente con poblaciones indígenas. En México abarca entre el 30 y 40% de los productores (Moguel y Toledo, 1999).

2.2.3. Normas para la certificación de café bajo sombra

La importancia de la conservación de la biodiversidad en cafetales, así como las exigencias de café orgánico han sido el punto de partida de programas que promueven en México la certificación del uso de sombra diversificada para obtener un sobreprecio en el mercado internacional.

Los criterios de producción de café bajo sombra se basan en estudios ornitológicos con aportes del Centro de Aves Migratorias del Instituto Smithsonian (SMBC) y de Rainforest Alliance. Tales estudios sugieren por ejemplo que una sombra más alta ofrece un hábitat más adecuado que una sombra más baja; que aves del bosque utilizan el cafetal en la medida que se parece al bosque; que las aves migratorias utilizan los cafetales como fuente de alimento y refugio mientras que aves residentes pueden usar los cafetales también para anidar, dependiendo de la especie, del manejo de la sombra y el nivel de actividad humana en el cafetal durante la temporada de reproducción y anidación (Rice y Mc Lean, 1999).

Las normas de certificación para café de sombra de los sellos "Bird Friendly" del SMBC y "ECO-OK" de Rainforest Alliance se resumen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Normas relacionadas con los árboles y su manejo* para la certificación de café bajo sombra, según Smithsonian y Rainforest Alliance.

| NORMAS | Café "Bird-friendly" (Smithsonian Migratory Bird Center) | Café "ECO-OK" (Rainforest Alliance) |
|---------------------------------|--|---|
| Composición de la sombra | Incluir al menos 10 especies arbóreas en el estrato de sombra Usar especies arbóreas nativas perennes (siempre que sea posible). | Mantener o establecer sombra de una mezcla de especies nativas. Incluir al menos 10 especies de árboles nativos; cada especie representada por al menos un árbol por manzana (0.7 ha). |
| Cobertura | Mantener una cobertura de sombra de al menos 40% durante todo el año. | La densidad de la plantación de árboles de sombra debe ser, de por lo menos 70 árboles por hectárea, que provean en promedio un 40% de sombra. |
| Estructura | Mantener una altura mínima de dosel de 12-15 m Crear diferentes estratos arbóreos, utilizando diferentes especies. | Al menos 20% de los árboles de sombra deben ser emergentes (pueden establecerse mediante reforestación). Mantener una altura mínima del dosel de 15 m. |
| Manejo | Minimizar la poda de árboles, y siempre que sea posible, realizar la poda al inicio o durante la estación lluviosa. Dejar las ramas y troncos muertos en las plantaciones. Permitir que las plantas epífitas, lianas y plantas parásitas crezcan bajo los árboles de sombra. | La poda debe evitarse durante la estación seca. Las podas regulares deben mantener al menos 50% de las frutas y flores en los árboles. Las epífitas deben ser conservadas. |

*Estos criterios son complementados por normas sobre el uso de insumos, manejo del suelo, etc.
Fuente: Rice y Mc Lean, 1999.

2.3. El uso de los árboles como sombra para café

Gran parte de la investigación agroforestal en cafetales bajo sombra está dedicada al componente arbóreo. A continuación se profundiza en los patrones de sombra y sus efectos sobre la producción, así como en la identificación de especies y características deseables para su combinación con el cultivo.

2.3.1. Patrones de sombra

El establecimiento de la sombra para café se basa sobre todo en los efectos directos de los árboles sobre factores ambientales como la radiación, la temperatura y la humedad relativa. Las copas de los árboles reducen la radiación y la temperatura durante el día (Barradas y Fanjul, 1986). Como se ha dicho, la sombra es un requisito en la mayor parte de las regiones donde se cultiva café para brindarle las condiciones de cultivo más semejantes a las de su distribución natural.

Muschler (2000) propuso una clasificación de la sombra según los niveles de intensidad y homogeneidad que resultan de los árboles bajo distinto arreglo y manejo. Por ejemplo, una sombra densa de más del 70% permite una penetración de menos de 30% de radiación solar; una sombra abierta, resultado de árboles con copas abiertas o podas selectivas de algunas ramas, permite una penetración de hasta 60% de radiación la solar con fluctuaciones intermedias; mientras que un sistema de poda total o descumbra, como el practicado a la sombra de *Erythrina* en Costa Rica, genera un nivel promedio de sombra muy bajo con los cambios más grandes en la poda con un rango de 50 a casi 100% de la radiación.

Dependiendo del espacio entre copas de los árboles, la sombra puede ser homogénea si éstas se tocan o heterogénea si hay mucho espacio entre ellas (figura 2, página 15). En general, se considera más adecuado un dosel homogéneo porque los cafetos son protegidos de cambios microclimáticos abruptos; sin embargo, un dosel cerrado con sombra excesiva (>70% sombra) no permite que llegue suficiente luz a los cafetos para producir satisfactoriamente (Muschler, 2000). La intensidad de la sombra y su homogeneidad, no sólo dependen del arreglo o manejo de los árboles por el productor, sino también de la arquitectura y fenología de los árboles, o sea de la densidad de las copas a lo largo del año (figura 3, página 15).

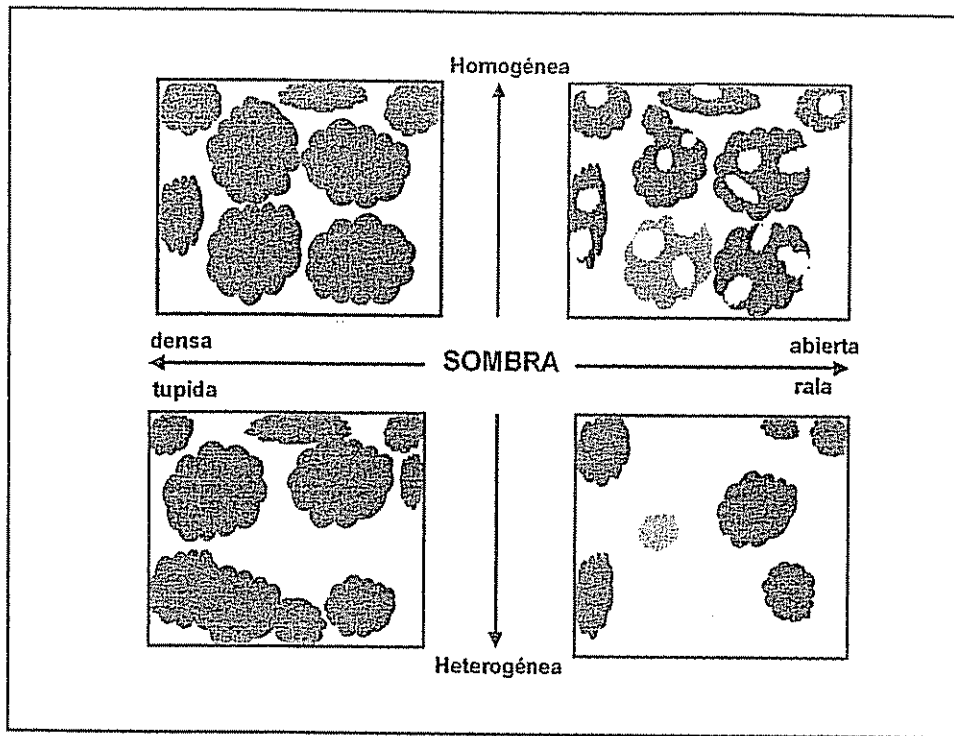


Figura 2. Patrones de sombra. Fuente: Muschler, 2000.

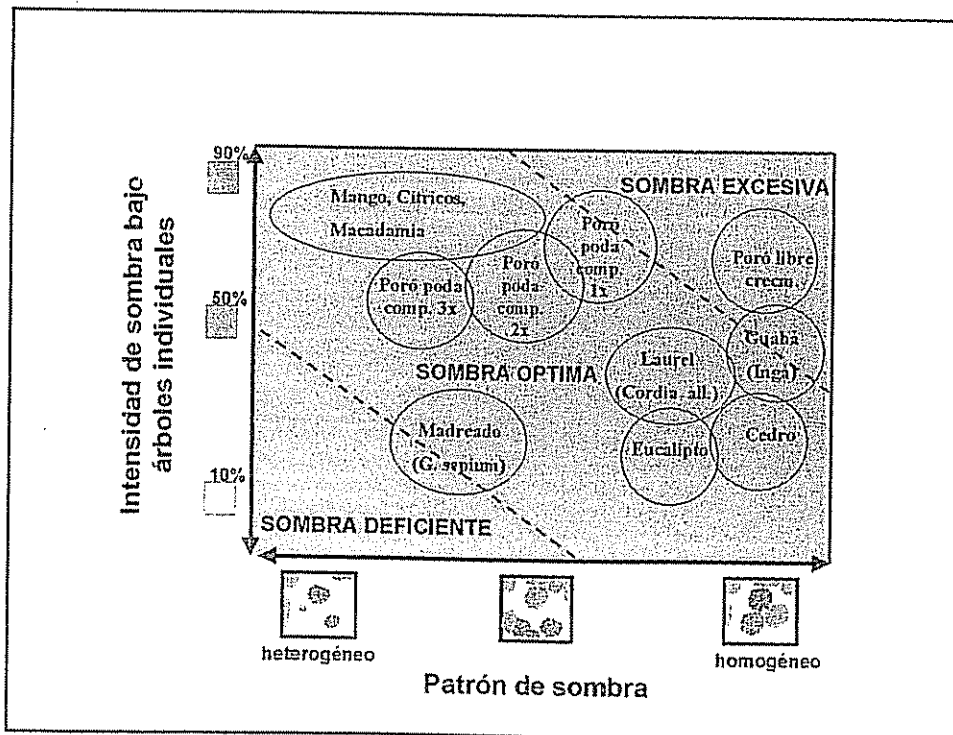


Figura 3. Algunas especies arbóreas y su sombreado típico según la intensidad y distribución de su sombra. Fuente: Muschler, 2000.

2.3.2. Especies arbóreas para sombra

La presencia de árboles en un cafetal puede tener distintos efectos sobre el cultivo. Estos efectos pueden estar mediados por factores como la región de que se trate, el diseño de la plantación y el manejo que se le proporcione; sin embargo, como indica Beer (1987) las características de las especies arbóreas asociadas son un factor determinante.

A pesar de la dificultad para determinar si una planta es endémica o exótica (Budowski, 1994), se consideran especies nativas las que se encuentran dentro de su distribución geográfica natural y exóticas a las especies introducidas o provenientes de otra región o continente (Muschler, 2000).

De acuerdo con esa clasificación, se reconoce que muchas de las especies nativas se adaptan mejor localmente (Geilfus, 1994) y contribuyen más a la biodiversidad de flora y fauna locales (Muschler, 2000). Sin embargo, con frecuencia las especies nativas son subutilizadas debido principalmente al escaso conocimiento sobre su crecimiento y silvicultura, mientras que las exóticas cuentan con un amplio acervo documental. Ejemplos de árboles exóticos ampliamente usadas son especies de los géneros *Eucalyptus*, *Teca*, *Casuarina* y *Terminalia* conocidos en México y América Central, cuyas altas tasas de crecimiento son el atributo más atractivo para muchos silvicultores, aunque puedan tener una adaptación local desconocida (Muschler, 2000).

Durante la década de los ochenta se promovió en México la eliminación de muchas especies nativas que constituían una sombra diversa, a favor de una sombra especializada del género *Inga* (también de distribución natural en México) por sus conocidas ventajas como árboles de sombra (copa abierta y extendida, fijación de nitrógeno, aportación de biomasa, etc.), con la consecuente pérdida la biodiversidad y conocimiento tradicional asociado a muchas otras especies nativas.

Como regla general, las especies nativas utilizadas como sombra para café han sido poco estudiadas, salvo algunas especies de *Erythrina* en Costa Rica. Listas importantes de ellas han sido ignoradas por muchas agencias de extensión en cafecultura y lamentablemente también por muchas instituciones de investigación. En 1901, Cook mencionaba más de 100 especies de plantas y árboles utilizados en el mundo como sombra para el cultivo de café o asociadas en alguna etapa de su desarrollo.

Entre los trabajos etnobotánicos efectuados en México destacan los realizados en Chiapas que ofrecen listados de especies arbóreas en cafetales, donde figuran árboles nativos con múltiples usos como madera, leña o frutos. En la zona del Soconusco, Martínez y Peters (1996) reportaron 19 especies arbóreas en el estrato bajo y 23 en el estrato alto dentro del sistema de producción de café de la finca Irlanda. En la región de los Altos del mismo estado, Soto-Pinto *et al.*, (2000) encontraron en cafetales de productores indígenas 61 especies de sombra, de las cuales 41 fueron árboles con 80% de especies nativas. En la zona norte de Chiapas, un inventario etnobotánico de Domínguez (1999) registró 19 especies arbóreas nativas utilizadas como sombra de café.

Los datos anteriores indican que hoy sería válida la propuesta de Holdridge (1957) de hacer una nueva revisión de los árboles propios del ambiente, sin considerar si han sido o no recomendados en la literatura como sombra para cafetales. Así también es conveniente la idea de no restringir la selección a fijadoras de nitrógeno, particularmente en sitios donde esta característica no representa una consideración determinante para la producción, de manera que las especies pueden ser escogidas de una gran diversidad de familias.

2.3.3. Atributos y características como criterios de selección

De igual manera que en plantaciones puras se lleva a cabo un proceso de selección de especies según el sitio y el objetivo de la producción, en sistemas agroforestales es importante una adecuada selección de los árboles que se asocian con los cultivos.

Budowski (1986) señaló la necesidad de examinar y evaluar críticamente las características de árboles usados en sistemas agroforestales bajo los siguientes aspectos: 1) usos directos, 2) usos protectivos, 3) hábitos de crecimiento, 4) propagación, 5) aspectos morfológicos o fisiológicos, 6) producción de biomasa, 7) comportamiento y respuesta a modalidades de poda, 8) descomposición de la hojarasca, 9) tolerancia al fuego, 10) relación con el suelo, 11) capacidad de aportar nitrógeno, 12) conocimientos sobre micorrizas, 13) plagas y enfermedades (en relación con los árboles o con la influencia sobre las plagas y enfermedades de los cultivos), 14) flores melíferas, 15) atributos estéticos y ornamentales.

En el caso de los árboles de sombra, el proceso de selección de especies se basa en una serie de consideraciones de la experiencia y la investigación agroforestal para seleccionar a las especies aptas para condiciones ambientales específicas que determinan las necesidades de sombra. Diversos autores señalan una lista de atributos deseables de las especies arbóreas para sombra de cultivos perennes señalando las características específicas de competitividad o compatibilidad con el cultivo (Beer, 1987; Escamilla, 1993; Geilfus, 1994; Muschler, 2000) (cuadro 3, página 19).

Bellow y Muschler (1999) plantearon que el potencial de una especie como árbol de sombra depende de un conjunto de características teniendo en cuenta su fenología, arquitectura de copa, tasa de crecimiento, desarrollo radical, y otros aspectos como sus usos, su adaptación ecológica y su compatibilidad con el cultivo (cuadro 4, página 20).

La selección de árboles para sombra es una tarea que se perfila difícil si pretendiéramos que una especie reúna todos los atributos desables que la literatura recomienda; sin embargo, en cafetales diversificados donde la riqueza de especies representa un conjunto de características en combinación, la selección de especies permite combinar atributos de tal manera que se obtenga un equilibrio adecuado entre la producción de café y la conservación de la biodiversidad.

Cuadro 3. Características deseables de árboles para sombra, según diferentes autores.

| Beer, 1987 | Escamilla, 1993 | Geifus, 1994 | Muschler, 2000 |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Compatibilidad con el cultivo ▪ Sistema radical fuerte ▪ Habilidad de propagación vegetativa ▪ Capacidad para extraer nutrientes que el cultivo no pueda tomar ▪ Copa rala ▪ Ramas y tallos no quebradizos ▪ Tallos y ramas libres de espinas ▪ Autopoda ▪ Tolerancia a fuertes podas repetidas ▪ Alta producción de biomasa ▪ Hojas y material leñoso de fácil descomposición ▪ En deciduos, generación rápida de nuevas hojas ▪ Ausencia de susceptibilidad a enfermedades o insectos que provoquen una defoliación súbita ▪ Presencia de hojas pequeñas, para evitar efecto de unión de gotas de lluvia ▪ Ausencia de efectos alelopáticos ▪ Presencia de una corteza lisa que no permita hospedar epífitas ▪ Producción de madera de valor, frutas u otro producto ▪ No-hospedero alternativo de insectos patógenos, principales enemigos del cultivo ▪ Las especies de sombra no deben tener la capacidad de reproducirse como malas hierbas. <p>En maderables</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rápido crecimiento apical ▪ Diámetro de copa pequeño ▪ Formación de troncos rectos no bifurcados | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adaptación a los climas cafetaleros. ▪ Rápido crecimiento y desarrollo ▪ Presentar facilidades para la poda y contar con gran capacidad de regeneración. ▪ Sistema radical profundo. ▪ Árboles no muy altos, frondosos, buen porte, fuste mediano, con ramas extendidas (manto de sombra extendido) y estratificadas en forma de copa (sombrija o parasol). ▪ Conservación del follaje durante todo el año y que mantenga un volumen adecuado durante el verano. ▪ Sombra tenue y uniforme que permita una adecuada filtración de los rayos solares. ▪ Resistencia a los vientos. ▪ Con madera utilizable, hoja y/o frutos. ▪ No presentar espinas, porque causan molestias a los trabajadores. ▪ Suficiente incorporación de materia orgánica al suelo, por aporte de hojas. ▪ Capacidad fijadora de nitrógeno. ▪ No competir desfavorablemente con el café por agua y nutrientes. ▪ No hospedar plagas y enfermedades que afecten al café. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Producir sombra ligera, difusa; leguminosas de hojas finamente divididas y corona o en "paraguas" ▪ Sistema de raíces profundo, que no compita con cultivos en capa superficial del suelo y les permita resistir la sequía. ▪ Producir mucho follaje, y fijar nitrógeno del aire. ▪ Resistir los vientos, no ser quebradizos. ▪ Fáciles de reproducir y crecer rápido. ▪ Si es sombra permanente, deben tener vida larga. ▪ Capacidad de retoñar (rebrotar), para practicar podas que controlan la sombra y aumentan el aporte de material orgánico al suelo. ▪ No deben crecer hasta tamaños gigantes. ▪ No deben tener espinas, para poder subirse y podarlos sin inconveniente. ▪ En regiones secas, perder parte de su follaje en estación seca, para disminuir consumo de agua. ▪ Su hojarasca debe descomponerse rápidamente y sin efectos tóxicos (alelopáticos) sobre los cultivos. ▪ No deben reproducirse sin control posible. (P. ej. chupones de raíz). ▪ Deben producir otras utilidades (leña, madera, forraje, etc.). | <p>Establecimiento y crecimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fácil establecimiento ▪ Crecimiento rápido <p>Atributos/arquitectura/compatibilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora ambiente para café ▪ Arquitectura y fenología complementaria para los requerimientos de café ▪ Compite poco por agua y nutrientes ▪ Copa abierta y angosta ▪ Hojas pequeñas ▪ Sistema radical fuerte y profundo, pero no competitivo ▪ Sin efectos alelopáticos p/café ▪ Ramas y tallos no quebradizos (resistencia al viento) ▪ No susceptible a plagas y enfermedades, ni hospedero ▪ Sin potencial de convertirse en maleza agresiva <p>Manejo/Fisiología:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tolerancia al estrés ambiental ▪ Autopoda ▪ Tolerancia podas fuertes ▪ Rebrotar fácilmente ▪ Fijación de N <p>Funciones ecológicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fomenta el control biológico ▪ Provee hábitat para aves ▪ Fomenta conservación y fertilidad de suelos |

Cuadro 4. Características para evaluar el potencial de una especie como árbol de sombra en cafetales. Bellow y Muschler (1999).

| | |
|-------------------------------------|--|
| Características de la sombra | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad de follaje ▪ Dimensiones del árbol ▪ Diámetro de copa ▪ Altura de copa ▪ Frondosidad de copa ▪ Forma de copa |
| Compatibilidad | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de nutrientes ▪ Uso de agua ▪ Arquitectura de raíces ▪ Plasticidad fisiológica ▪ Efectos alelopáticos ▪ Susceptibilidad/Hospedero a plagas y enfermedades |
| Silvicultura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Viabilidad de semillas ▪ Germinación de semillas ▪ Propagación vegetativa ▪ Tolerancia a la poda |
| Cualidades de servicio | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Productividad de biomasa ▪ Calidad de biomasa ▪ Tasas de fijación de N |
| Producto secundario | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rendimiento del producto (madera, leña, etc.). ▪ Método de cosecha |
| Cualidades maderables | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuste recto ▪ Fuste alto ▪ Autopoda ▪ Calidad de la madera |

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y descripción del área de estudio

El estudio se localiza en los municipios de Ixhuatán y Tapalapa en la región Norte del estado de Chiapas al sur de la república Mexicana entre los paralelos 16°55' y 18°00' N, y 92°40' y 93°36' OE, con una superficie de 6 090 km² que representa el 8.05% de la extensión territorial de Chiapas (COPLADE, 1997) (figura 4).

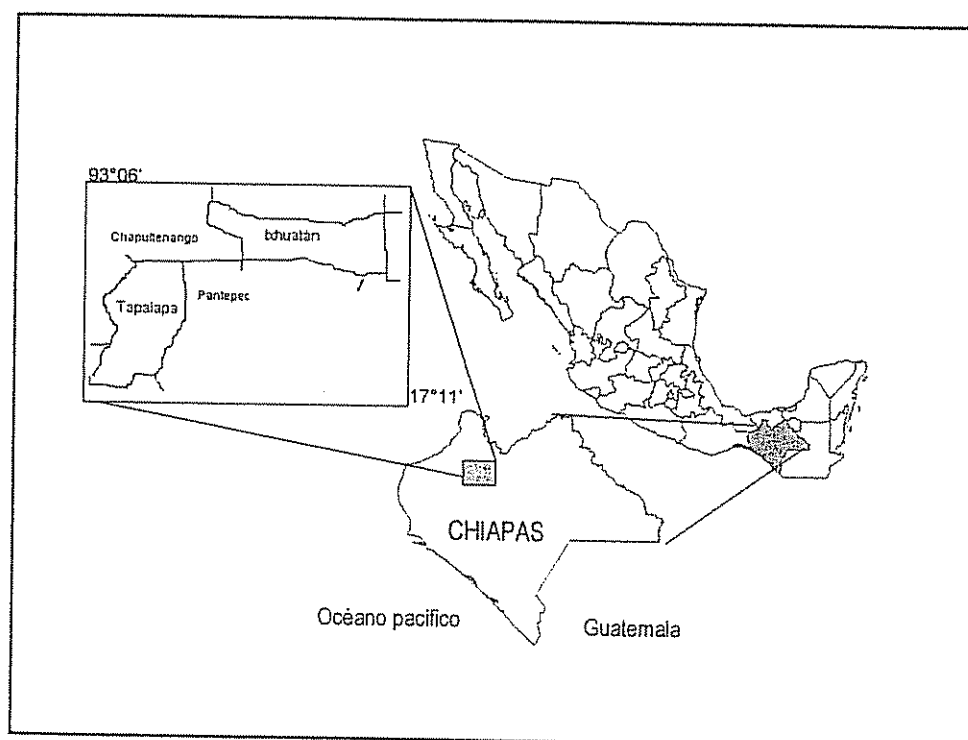


Figura 4. Localización del área de estudio.

El municipio de Ixhuatán con 72 km² y una altitud promedio de 500 msnm, se ubica en la llanura costera del Golfo y es una subregión caracterizada por terrenos planos, lomeríos y hondonadas. Los suelos existentes son de tipo luvisol, feozem y cambisol de textura arcillosa y poco profundos en las zonas de topografía accidentada, y de textura arcillosa y arcillo limosa en las partes bajas (COPLADE, 1997). El municipio está constituido predominantemente por terreno cretácico superior y terciario superior. La vegetación dominante es de selva alta perennifolia. El clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, la precipitación anual varía entre 2000 a 2500 mm y la temperatura promedio anual es de 25 °C (Hacienda, 2000).

El municipio de Tapalapa, con una superficie de 66.4 km² y una altitud promedio de 1 700 msnm, se ubica en la subregión denominada Sierra Norte de Chiapas, un eje montañoso que se caracteriza por laderas fuertes a escarpadas con suelos poco profundos de tipo luvisol, crómico, y litosoles y acrisoles órficos (COPLADE, 1997). Los suelos tienen su origen geológico en el cretácico superior, con roca sedimentaria caliza, y en el terciario superior con roca ígnea extrusiva intermedia. La disposición de las montañas propicia que capturen una gran parte de la humedad que traen los vientos alisios que provienen del Golfo de México. La temperatura media anual oscila entre los 15° y los 22 °C y la precipitación anual varía entre 1 500 a 2 500 mm, generando un clima templado a semicálido húmedo con lluvias todo el año, excepto en los meses de abril y mayo (Hacienda, 2000). Su vegetación incluye selva alta y relictos de bosque mesófilo de montaña y de pino-encino-liquidámbar (CONABIO, 2000).

La población de estos dos municipios comprende indígenas zoques y mestizos que viven en un alto grado de marginación. En Tapalapa el 79% de la población es indígena hablante zoque, mientras que en Ixhuatán los zoques sólo constituyen el 8%. En ambos, la actividad de sus habitantes está fundamentalmente ligada a la producción agrícola para el consumo familiar con el maíz como base de su alimentación. La producción de café ocupa el segundo lugar en superficie cultivada y el primero en valor de la producción. Por la baja de los precios internacionales, en los últimos años se observa la conversión de algunas plantaciones de café a ganadería, la segunda actividad económica de importancia en la región (SEDESOL, 2001).

La región y los municipios considerados como área de estudio para este trabajo fueron seleccionados con base en tres aspectos: la predominancia de sistemas tradicionales campesinos de producción de café, la importancia biológica para la conservación y la distribución altitudinal de la producción de café.

Si bien la cafecultura campesina es bastante reciente en la zona norte del estado, como en todo el país, producto tardío de la reforma agraria de la década de 1930 (Alejos, 1996), la cafecultura campesina es el sistema que mejor ha sobrevivido a las crisis recientes del café, posiblemente porque se basa en un aprovechamiento integral por niveles de la huerta, empleando una gran variedad de especies frutales, maderables y para leña como árboles de sombra (Bartra, 1999). En los dos municipios estudiados predominan los

sistemas de producción rusticano y policultivo tradicional (Nolasco, 1985; Moguel y Toledo, 1999).

La región norte de Chiapas guarda relictos de un ecosistema en peligro de extinción en México, los bosques de niebla, que contienen poblaciones significativas de especies restringidas de aves como el quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno* De la Llave), el pajuil (*Penelopina nigra*), la chacra de niebla (*Cyanolyca pumilo*), y el tucancillo verde (*Aulacorhynchus prasinus*), entre otros. Esta zona es también un centro de domesticación y reservorio genético de especies de aguacates (*Persea* spp.) y las selvas altas perennifolias son ricas en especies tropicales con alto potencial maderable (CONABIO, 2000; Del Coro y Márquez, 2000).

La producción de café en las zonas seleccionadas se distribuye en dos rangos altitudinales distintos y representativos de las condiciones de producción del café en el estado de Chiapas. Los cafetales de Ixhuatán se encuentran entre los 400 y 1000 msnm, mientras que los cafetales de Tapalapa se ubican entre los 800 y 1900 msnm.

3.2. Descripción de la metodología aplicada

Para los propósitos de este trabajo se consideró el procedimiento de investigación a través del estudio de caso con información de fuentes primarias y secundarias. La información secundaria se obtuvo de literatura sobre clasificación de sistemas de producción de café y criterios de selección de árboles de sombra. Los métodos aplicados durante las distintas fases del estudio se esquematizan en el cuadro 5 (página 24).

La información primaria se obtuvo de dos talleres participativos, visitas a 30 productores y 30 cafetales en cada zona de estudio. Los productores fueron seleccionados por su experiencia en el cultivo de café, identificando los más experimentados en una población de 300 productores de café en Tapalapa y de 860 productores de café en Ixhuatán. El número de informantes clave fue establecido de acuerdo al rendimiento de las entrevistas en cada zona de estudio, para obtener el registro de todos los árboles utilizados para sombra y todos los criterios de selección en el tiempo disponible para la recolección de datos de campo. Cuando la aplicación de una entrevista más no reportó una especie nueva de sombra o un criterio nuevo de selección se estableció el límite mínimo de entrevistas.

Cuadro 5. Métodos de investigación y análisis aplicados en el estudio sobre selección de árboles para sombra de cafetales diversificados en Chiapas, México, 2001.

| Fases metodológicas | Métodos y herramientas de investigación y análisis aplicados |
|--|--|
| a) Caracterización de la producción de café (3.2.1) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entrevistas (apéndice 1) y recorridos de campo en cafetales |
| b) Caracterización de la sombra (3.2.2) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión bibliográfica ▪ Recorridos de campo ▪ Entrevistas (apéndice 1) ▪ Ficha caracterización de sombra (apéndice 2) ▪ Valoración del estado de cumplimiento de las normas de certificación de café con sombra |
| c) Identificación de especies para sombra (3.2.3) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Reconocimiento de especies en campo ▪ Entrevistas (apéndice 1) ▪ Talleres participativos (apéndice 3) ▪ Colecta botánica y determinación de especies ▪ Sistematización de datos en Access |
| d) Identificación y valoración de criterios de selección (3.2.4) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión bibliográfica ▪ Entrevistas (apéndice 1) ▪ Talleres participativos (apéndice 3) ▪ Clasificación y ponderación de criterios ▪ Sistematización de datos en Excel |
| e) Evaluación de especies (3.2.5) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Talleres participativos ▪ Sistematización de datos en Excel ▪ Evaluación cualitativa - cuantitativa del potencial de especies para sombra (PES) |

De acuerdo al rendimiento obtenido, el límite mínimo para obtener el máximo de especies y criterios en Ixhuatán fue de 9 entrevistas y en Tapalapa de 12 entrevistas. En las dos zonas el número de entrevistas se estableció en 30 considerando el rendimiento de las entrevistas y el tiempo disponible para la recolección de datos. El tiempo requerido para la recolección de información, incluyendo visita al cafetal, entrevista semiestructurada,

colecta de árboles y talleres participativos fue de dos días en promedio por cada productor con un total de 120 días efectivos de trabajo de campo.

El 80% de los productores que participaron en este estudio pertenece a dos organizaciones de productores que se encuentran en proceso de conversión a la producción orgánica: "Ixcafé Aromático" S.S.S. en Ixhuatán y "Unión de Productores de Café Bosque de Niebla de Tapalapa" S.S.S. La participación de los productores en el taller en Ixhuatán fue del 100% de los productores entrevistados, mientras que en Tapalapa el número de productores entrevistados que asistió al taller fue de 50%.

3.2.1. Caracterización de la producción de café

La caracterización de la producción de café aunque no constituye un objetivo de esta investigación, se elaboró con el fin de describir los rasgos más importantes de los productores y el cultivo de café en las zonas de estudio. Esta caracterización se obtuvo de recorridos de campo y de la aplicación de entrevistas (apéndice 1, secciones 1 y 2) donde se registró la superficie de los cafetales, las variedades de café, densidad de plantas por hectárea y rendimientos informados por los productores.

3.2.2. Caracterización de la sombra

La caracterización del componente sombra de los cafetales se realizó mediante revisión bibliográfica y recorridos de campo en cafetales. Los sistemas fueron clasificados de acuerdo a la literatura que describe los tipos de sombra en México (Nolasco, 1985; Moguel y Toledo, 1999). Esta clasificación, así como los rasgos densidad de sombra (árboles por hectárea), altura de estratos, cobertura de sombra (% de sombra determinado con densiómetro esférico según Lemmon, 1957) y diversidad de especies se obtuvieron de la aplicación de una ficha de caracterización de la sombra en cafetales (apéndice 2). La percepción de los productores sobre la importancia del componente de sombra para el cultivo de café se analizó de manera grupal en los talleres participativos (apéndice 3).

La descripción del manejo de la sombra en cafetales consideró las prácticas, la época y la frecuencia con que se realizan. Se obtuvo información sobre la capacitación que han recibido los productores en este aspecto (apéndice 1, secciones 8 y 9).

Con base en la información obtenida de entrevistas y talleres se valoró cualitativa y cuantitativamente como positivo o negativo el cumplimiento con las normas para la producción certificada de café con sombra considerando los valores mínimo y promedio de las variables evaluadas en los cafetales.

3.2.3. Identificación de especies para sombra

La identificación de especies para sombra se basó en un listado de árboles obtenido de las entrevistas para cada zona de estudio (apéndice 1, sección 7). También se colectó información sobre especies nativas e introducidas, el número de individuos por especie y sus usos (leña, madera para construcción, madera para muebles y frutales). La lista de especies obtenida en las entrevistas fue complementada con las especies registradas en la ficha de caracterización de sombra (apéndice 2) y en los talleres participativos (apéndice 3).

Después de obtener el listado de especies utilizadas para sombra se realizó un reconocimiento de árboles para sombra en cafetales y otras áreas de las zonas de trabajo. Se colectaron muestras botánicas de individuos representativos de tales especies y se registraron datos claves para su clasificación taxonómica. La colecta botánica se realizó con el permiso de las autoridades locales y en el marco de las leyes General de Vida Silvestre y del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente que rigen la colecta científica en México (SEMARNAT, 2001).

Los ejemplares se depositaron en el herbario de El Colegio de La Frontera Sur, en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas (apéndice 4). Su determinación taxonómica se llevó a cabo con el apoyo de expertos, claves dendrológicas y materiales bibliográficos. Las especies de sombra que no pudieron ser colectadas se describieron en campo y se determinaron mediante revisión de literatura.

3.2.4. Identificación y valoración de criterios de selección

Para distinguir los atributos utilizados como criterios de selección se partió de las siguientes definiciones: (1) atributo es una característica, cualidad o propiedad particular reconocida en los árboles; (2) criterio es un conjunto de atributos para tomar una decisión, y (3) selección es la elección o preferencia por algunos árboles según los criterios.

La identificación de los atributos de selección se realizó a través de la aplicación de entrevistas (apéndice 1, sección 7) donde se consultó a los productores sobre las características o atributos que utilizan para reconocer un árbol apto para sombra y se les pidió asignar un valor de cero a tres de acuerdo a la importancia del atributo.

En una sección posterior de la entrevista (apéndice 1, sección 10) se puso a consideración de los productores una lista de 11 atributos escogidos de la literatura por la frecuencia con que se mencionan. Se solicitó a los productores indicar cuáles de esos atributos consideraban útiles en la selección de árboles para sombra y asignar un valor de cero a tres de acuerdo a la importancia o el peso del criterio.

Durante los talleres participativos en cada zona de estudio se solicitó a los productores mediante lluvias de ideas elaborar una lista de atributos importantes de los árboles de sombra. Se solicitó la ponderación de los atributos de cero a tres como en las entrevistas. Los pesos ponderados según la importancia de los atributos mencionados por los productores se integraron en un solo valor denominado el índice de atributo (IA) que refleja las preferencias locales y se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$IA = \left(\frac{\sum_{i=1}^n vp}{n} \right) (fr)$$

Donde:

IA es el índice de importancia de un atributo o característica de árbol para sombra en un lugar de acuerdo al número de productores entrevistados; IA puede variar entre 0 y 3.

vp es el valor ponderado o la importancia que cada productor asigna a un atributo con valores de 0 a 3; donde: 0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto.

n es el número de valores ponderados para el atributo, o bien el número de productores que mencionaron el atributo.

fr es la frecuencia relativa, calculada con el número de productores que mencionan el atributo dividido por el total de productores entrevistados.

Posteriormente, retomando algunos aspectos de la clasificación propuesta por Bellow y Muschler (1999), los atributos para selección de árboles de sombra encontrados en la literatura, así como los registrados en las zonas de estudio fueron agrupados en ocho criterios o conjuntos de atributos: copa, fuste, sistema radicular, sanidad, manejo, compatibilidad con el cultivo, servicios y productos.

Cada conjunto de características fue sujeto a una valoración y jerarquización considerando los IA como se describe en la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{\sum IA}{m}$$

Donde:

IC es el índice de cluster o importancia del grupo de características que se emplean para evaluar una especie para sombra, por ejemplo: copa, fuste, raíz, etc. El valor máximo de IC es 3.

IA es el índice de importancia de un atributo o característica de árbol para sombra en un lugar de acuerdo al número de productores entrevistados; IA puede variar entre 0 y 3.

m es el número de atributos ponderados en el cluster o grupo de características.

3.2.5. Evaluación de especies

El método de evaluación de especies consideró la predominancia de sistemas tradicionales de producción de café y la importancia biológica para su conservación, así como rasgos importantes para caracterizar las zonas de estudio. El procedimiento de selección respondió a la evaluación del desempeño/potencial de cada especie según el cumplimiento de cada grupo de características del modelo Potencial de especies para sombra (PES) (figura 5, página 29).

De esta manera el resultado de la evaluación se obtuvo igualmente en grupos de especies con potencial para sombra por su mejor desempeño en cada uno de los diferentes grupos de criterios de selección, así como una clasificación final para cada

especie según el desempeño en todos los grupos de características. El cumplimiento de los diferentes atributos por las especies fue determinado en entrevistas con productores, observaciones en campo y revisión de literatura. Las aseveraciones de los productores se consideraron supuestos para la selección.

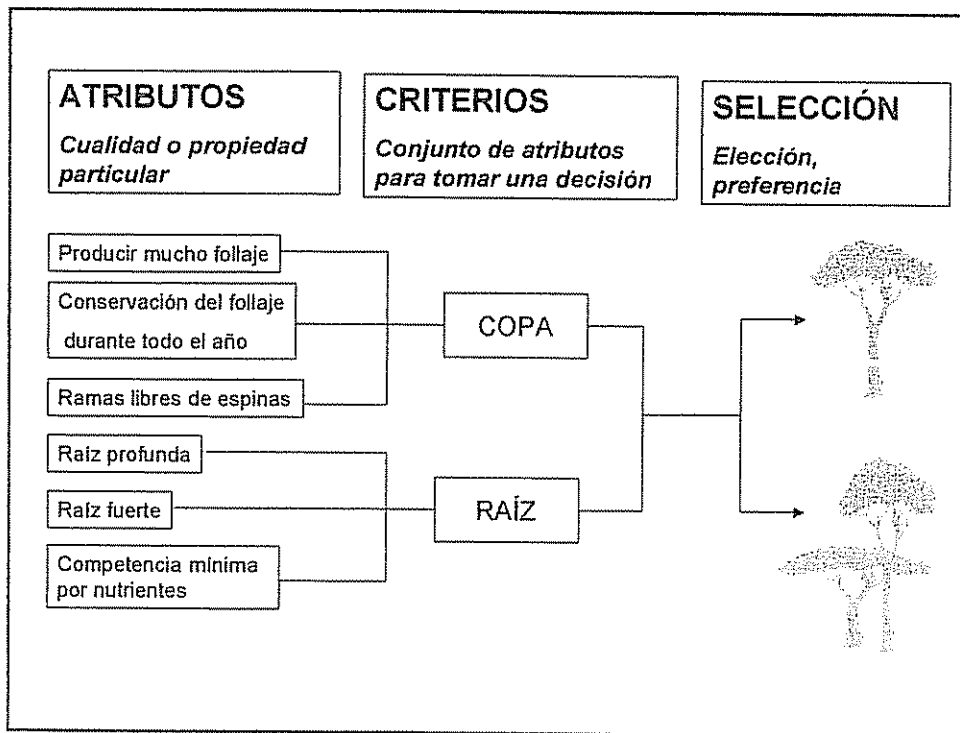


Figura 5. Modelo de selección de especies para sombra. Método PES. (representación parcial).

Los criterios para cada una de las especies identificadas en cada zona se usaron en la siguiente fórmula basada en los índices de atributos (IA) y los índices de grupos de características (IC) para calcular el potencial de cada especie para sombra (PES).

$$PES = \sum_{i=1}^r IC$$

Donde:

PES es el potencial de la especie para sombra; el valor máximo es $3 \times 8 = 24$.

IC es el índice de cluster o grupo de características que se emplean para evaluar una especie para sombra; por ejemplo copa, fuste, raíz, etc. El valor máximo de cada IC es 3.

r es el número de clusters o grupos de características del modelo de evaluación: 8.

Como información complementaria, en los talleres se obtuvo la clasificación local de los árboles de sombra con valores de uno a tres, asignando uno a la especie con mejor desempeño y tres a la especie con menor potencial.

3.3. Análisis de la información

La información obtenida de literatura, recorridos de campo, entrevistas, talleres y colectas se recopiló y sistematizó en tres bases de datos para cada zona. La primera reúne información sobre la caracterización del sistema de producción y del componente sombra de los cafetales, la segunda contiene los datos de la colecta botánica y la tercera los criterios de selección y evaluación de especies.

La caracterización del sistema de producción y de la sombra se basó en un análisis estadístico descriptivo de los datos, mientras que la evaluación de especies integró métodos de análisis cuantitativo y cualitativo de frecuencia en las fórmulas descritas en 3.2.4 y 3.2.5 para calcular el índice de atributos (IA), índice de cluster (IC) y potencial de especie para sombra (PES).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización del sistema de producción

4.1.1. Productores

En el proceso de aplicación de encuestas, talleres y visitas a cafetales participaron 30 informantes clave de cada zona de estudio, Ixhuatán y Tapalapa. De los 60 informantes clave, el 85% fueron hombres y el 15% mujeres. La edad promedio de los productores de ambas zonas fue de 59 años con un rango entre 35 a 82 años. La experiencia promedio en el cultivo de café alcanzó los 40 años con un rango de 15 a 50 años. Los productores del municipio de Tapalapa fueron principalmente indígenas del grupo Zoque.

4.1.2. Cultivo de café

La superficie promedio de las parcelas de producción de café fue de 1.5 ha; los productores tienen de una a dos parcelas de café donde predomina *C. arabica* L. en una densidad de 1000 a 1400 plantas por hectárea.

El manejo de los cafetales consta de una a tres limpiezas por año, así como podas, recepas y agobio a las plantas de café cuando lo requieren; regulación de sombra y tres cortes de cosecha en una temporada de noviembre a finales de marzo. No se utiliza ningún producto químico sintético, orgánico o natural para la fertilización del cultivo o el control de plagas y enfermedades. La mano de obra empleada para las prácticas de manejo del cultivo es de fuente familiar. Los volúmenes de producción más frecuentes están entre los 15 y 16 Qq de café pergamino por hectárea que se considera una alta producción para estas condiciones de cultivo (cuadro 6, página 32).

La clasificación del sistema de producción por el tipo de sombra según Nolasco (1985) y Moguel y Toledo (1999) determinó que para ambas zonas los sistemas predominantes son el rusticano y el policultivo tradicional, encontrando una baja proporción de cafetales con sombra especializada (10% de los cafetales) en Ixhuatán.

Cuadro 6. Caracterización de la producción de café en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México. 2001.

| Variables | IXHUATÁN | TAPALAPA |
|--|---|--|
| Porcentaje de productores con uno o dos cafetales ^a | 1: 20% 2: 80% | 1: 93% 2: 7% |
| Superficie promedio (ha) | 2.5 | 1.2 |
| Variedades de café en orden de importancia | Árabe Typica o criollo Mundo Novo Garnica Bourbón Caturra | Árabe Typica o criollo Bourbón Caturra |
| Altura de plantas de café (m) | 2 – 4 | 1.5 – 3.5 |
| Densidad de plantas de café/ha | 1000 – 1300 | 1000 – 1400 |
| Producción Qq ^b [más frec,máx,mín] | [16,20, 15] | [15, 20, 8] |

^a 30 productores entrevistados en cada zona.

^b Producción [máx:máxima, mín:mínima, más frec: más frecuente] Qq: 1Quintal=60 kg de café pergamino.

4.1.3. Sombra

El componente sombra del sistema de producción de café estuvo claramente definido en diversidad y manejo por las condiciones ambientales y de vegetación particulares de cada zona de estudio, así como por las características propias de la unidad de producción indígena y campesina, con bajos recursos financieros y prácticas agrícolas tradicionales como han señalado Moguel y Toledo (1999) y Hernández (2000).

La densidad promedio de árboles de sombra para Ixhuatán fue de 252 individuos por hectárea, mientras que en Tapalapa fue de 181 individuos por hectárea en una distribución irregular. El dosel fue de tres a cuatro estratos de altura en el 90% de los cafetales, con 40 a 70% de cobertura sobre el cultivo (cuadro 7, página 33).

Las diferencias entre densidad y diversidad de árboles de sombra entre una y otra zona probablemente pueden explicarse por dos condiciones: a) la altitud y b) el tipo de vegetación natural. En zonas bajas como Ixhuatán, la temperatura mayor aumenta el requerimiento de sombra para los cafetales y la vegetación de selva alta perennifolia que predomina contiene mayor diversidad que un el bosque mesófilo de montaña y el bosque típico de pino-encino-liquidámbar en Tapalapa.

Cuadro 7. Caracterización de la sombra de café en 30 cafetales de Ixhuatán y 30 cafetales de Tapalapa, Chiapas, México. 2001.

| Variables | IXHUATÁN | TAPALAPA |
|---|---|---|
| Sistemas de producción ^a | Rusticano 50% Policultivo tradicional 40 % Sombra especializada 10% | Rusticano 60% Policultivo tradicional 40% |
| Densidad de sombra (árboles/ha) Promedio, [rango] | 252, [150-283] | 181, [153-190] |
| Número de especies arbóreas para sombra por cafetal Promedio, [rango] | 15, [3-30] considerando sombra especializada | 10, [5-12] |
| Número de estratos en el sistema rusticano | 3 | [3-4] |
| Número de estratos en el sistema policultivo tradicional | [2-3] | [2-3] |
| Número de estratos en el sistema de sombra especializada | 1 | No existe el sistema en esta zona |
| Estrato bajo (m) | [9-12] | [5-10] |
| Estrato medio (m) | [12-15] | [9-12] |
| Estrato alto (m) | >15 | >15 |
| Distribución de los árboles | Irregular | Irregular |
| Cobertura de árboles (%) ^b Promedio, [rango] | 56, [40-60] más caducifolias y copas más angostas | 61, [50-70] menos caducifolias y copas menos angostas, mayor presencia de plátanos |

^a Sistema de clasificación basado en el componente sombra (Nolasco, 1985 modificado por Moguel y Toledo, 1999). Rusticano: sistema bajo sombra natural de diversos árboles nativos; policultivo tradicional: sistema bajo sombra cultivada de árboles nativos e introducidos; sombra especializada o sistema de monocultivo bajo sombra: sistema bajo un dosel de sombra monoespecífico.

^b El porcentaje de cobertura de sombra fue estimado con densiómetro esférico, según Lemmon (1957). En los sistemas rusticano y policultivo tradicional, existen otras especies no arbóreas utilizadas como sombra temporal, entre las cuales destacan *Musa spp.* y *Ricinus communis*; estas especies aportan un porcentaje que puede ir del 5 al 10 % de esta cobertura.

4.1.3.1. Establecimiento

El establecimiento de la sombra en las zonas de estudio respondió a dos condiciones iniciales: terrenos de cultivo anual y terrenos en descanso o barbecho (acahual). En el primer caso los productores siembran una especie de rápido crecimiento como plátano (*Musa spp*) o higuierilla (*Ricinus communis L.*) para suministrar sombra temporal a los cafetos, mientras se reinicia la regeneración natural en el cafetal y se plantan algunos frutales. Cuando se trata de un terreno en descanso o acahual, se realiza una limpia en callejones entre hileras de café o una limpia selectiva dejando las plantas deseables del acahual para proveer la sombra necesaria. Una vez establecido el cafetal, los árboles para sombra permanente se obtienen mediante selección continua y/o siembra durante los primeros 2 a 3 años de la plantación.

4.1.3.2. Prácticas de manejo

Se identificaron cinco prácticas culturales en el manejo de los árboles de sombra en los cafetales de Ixhuatán y Tapalapa: poda, recepa, anillado, tumba y manejo de la regeneración natural. En general se observó que el manejo que los productores realizan al cafetal guarda una afinidad importante con los sistemas rusticano y policultivo tradicional que los productores de café mantienen en estas zonas; hay diferencias entre productores según los requerimientos y condiciones de cada cafetal.

La poda y recepa son prácticas para la regulación de sombra; el anillado (ahorcado o muska' en lengua zoque) se aplica para eliminar árboles sin dañar el cafetal. En los últimos cuatro años, la práctica de anillado se ha visto reducida por los daños fuertes que ha ocasionado una plaga no identificada que defolia los árboles de chelel (*Inga spp.*) en los cafetales, reduciendo considerablemente la cobertura de sombra.

La tumba se aplica principalmente para extraer madera, pero es una práctica poco frecuente por el daño que se ocasiona a los cafetos. El manejo de la regeneración natural es la práctica más importante y continua; todos los productores la emplean para renovar la sombra selectivamente eligiendo las especies que permanecen para sombra, y su densidad en el cafetal (cuadro 8, página 35).

Cuadro 8. Prácticas de manejo de los árboles de sombra de café en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001.

| Práctica | Descripción | Frecuencia, época de aplicación y porcentaje de productores entrevistados que lo practican | |
|---|--|--|--|
| | | IXHUATÁN | TAPALAPA |
| Poda o desrame | Corte de las ramas bajas (típicamente sin escalar los árboles), para aumentar la luminosidad y como poda de formación. | Cuando se requiere (20%) | Cada uno a seis años. Mayo a junio (inicio de lluvias); luna en cuarto creciente (30%) |
| Tumba | Derribo de los árboles para disminuir la densidad de sombra y/o eliminar árboles dañados o enfermos. | Cuando se requiere extraer madera (30%) | Cuando se requiere extraer madera (20%) |
| Anillado = Muska' = ahorcado | Corte en el fuste en forma de anillo para provocar la muerte de los árboles por falta de circulación de nutrimentos. | Cuando se requiere para controlar la densidad de sombra o eliminar árboles viejos (50%) | Cuando se requiere (60%) |
| Recepa | Corte a 1 m de altura del tronco para disminuir la cobertura de sombra sin eliminar el árbol. | No se practica | Cuando se requiere en árboles con capacidad de rebrote (20%) |
| Control de la regeneración natural | Selección de árboles pequeños durante la limpia manual del cafetal para sustituir árboles viejos. | Cuando se requiere (60%) | Cuando se requiere (70%) |

Las entrevistas reflejaron que los productores de las dos zonas no han recibido capacitación específica en el tema del manejo de la sombra en sus cafetales, aunque sí en algunos aspectos de manejo del cultivo y producción orgánica. Contrario a lo que con frecuencia se dice del manejo en estos sistemas tradicionales, las prácticas de manejo registradas expresan un conocimiento elaborado y un manejo especializado de los productores en sistemas rusticanos y policultivo tradicional para obtener un máximo

aprovechamiento de los árboles locales de sombra a un costo mínimo, pues se eliminan los costos de producción en vivero y plantación de árboles; además de que mantienen mejores condiciones para la conservación de la biodiversidad, como en el caso de la disponibilidad de frutos para alimento de aves y roedores, por la poda tan esporádica que realizan.

4.1.3.3. Percepción de los productores sobre la importancia de la sombra para el cultivo del café

Los resultados de los talleres participativos reflejaron un reconocimiento de los productores de café de las zonas de estudio respecto a la utilidad de la sombra, así como a los problemas que pueden derivarse como consecuencia de la eliminación de este componente en los cafetales (cuadro 9).

Cuadro 9. El papel de la sombra sobre el cultivo de café. Percepción de los productores (n=60) de Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001.*

| Café con sombra | Café sin sombra |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor duración de vida productiva de los cafetos. ▪ Disminuye incidencia de plagas y enfermedades en el café. ▪ Maduración de cerezas más uniforme ▪ Reducción de la densidad de malezas en el cafetal y malezas de hoja más suave. ▪ Conservación de la humedad en el suelo. ▪ Aportación de abono al cultivo mediante hojarasca. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor duración de vida productiva de cafetos. ▪ Manchas, reducción de la viabilidad y menor peso del grano de café. ▪ Produce más follaje que grano. ▪ Aumento de la incidencia de plagas y enfermedades al café. ▪ Aumento de la caída de cerezas por efecto de viento. ▪ Pérdida de la fertilidad y humedad del suelo. ▪ Erosión del suelo. |

*Resumen de talleres participativos en Ixhuatán y Tapalapa. Mayo, 2001.

Aunque los productores de las zonas estudiadas no cultivan café sin sombra, la percepción de los problemas que ocasiona la falta de sombra en los cafetales es el resultado de sus observaciones en las áreas donde sus cafetales han sufrido la pérdida de sombra por diversas causas. La experiencia de los productores coincide muy bien con la literatura en estudios del cultivo de café bajo sombra en comparación con cafetales sin sombra, sobre todo en los siguientes aspectos: la sostenibilidad de la producción (Jiménez-Ávila y Gómez-Pompa, 1982; Roskoski, 1982; Barradas y Fanjul, 1984; Fernández y Muschler, 1999); incidencia de enfermedades, plagas y malezas (Guharay *et al.*, 2001); calidad del grano (Muschler, 2000, 2001); balance hídrico microclimático (Nestel, 1995; Cifuentes, 1997; Moguel y Toledo, 1999; Vaast y Snoeck, 1999; Soto-Pinto, 2000) y reciclaje de nutrientes (Cifuentes, 1997).

4.1.4. Cumplimiento de normas para certificación de café bajo sombra

Con respecto a las normas de "Smithsonian Migratory Bird Center" y "Rainforest Alliance", los cafetales estudiados en Ixhuatán y Tapalapa tienen un alto potencial para la certificación de la producción de café con los sellos de estas dos agencias internacionales. Esto brinda a los productores de estas zonas la oportunidad de participar en el mercado de café amigable con la biodiversidad (cuadros 10 y 11, páginas 38 y 39).

Como se observa en estos cuadros, los cafetales de Ixhuatán y Tapalapa cumplen todas las normas requeridas para estos sellos relacionados con la sombra, excepto el criterio que se refiere a la composición de la sombra en los cafetales registrados con un número de especies menor a diez. Es importante resaltar que los cafetales que presentaron esa deficiencia representan sólo el 15% del total de los cafetales estudiados, entre los cuales se incluyen cafetales con menos de una hectárea de superficie.

Cuadro 10. Valoración del cumplimiento de normas de Smithsonian Migratory Bird Center en cafetales estudiados de Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México. 2001.

| NORMAS | Certificación "Bird-friendly" (Smithsonian Migratory Bird Center) | Ixhuatán | | Tapalapa | |
|--------------------------|---|------------|-------|------------|------|
| | | Min* | Prom* | Mín | Prom |
| Composición de la sombra | Al menos 10 especies arbóreas como sombra ^a | - (13%) | + | - (10%) | + |
| | Usar especies nativas perennes | + | + | + | + |
| Cobertura | Mantener una cobertura de sombra de al menos 40% durante todo el año ^b | + | + | + | + |
| Estructura | Mantener una altura mínima de dosel de 12-15 m | + | + | + | + |
| | Crear diferentes estratos arbóreos, utilizando diferentes especies. | + | + | + | + |
| Manejo | Minimizar la poda de árboles, y siempre que sea posible, realizar la poda al inicio o durante la estación lluviosa. | + | + | + | + |
| | Dejar las ramas y troncos muertos en las plantaciones. | + | + | + | + |
| | Permitir que las plantas epífitas, lianas y plantas parásitas crezcan bajo los árboles de sombra. | + | + | + | + |

Fuente: Rice y Mc Lean, 1999.

^a En los valores negativos se anota el porcentaje de cafetales en cada zona que no cumplió con el criterio.

^b Se excluyen de esta evaluación los cafetales afectados por una plaga no identificada que ha ocasionado severos daños a los árboles de sombra.

*Min=mínimo; Prom=promedio. Se refieren a los valores mínimo y promedio registrados en los cafetales de cada zona que se utilizaron como referencia para evaluar el cumplimiento de las normas de cada sello.

Cuadro 11. Valoración del cumplimiento de normas de Rainforest Alliance para certificación de café de sombra en cafetales estudiados de Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México. 2001.

| CRITERIOS | Certificación "Eco-ok" (Rainforest Alliance) | Ixhuatán | | Tapalapa | |
|---------------------------------|--|------------|------|------------|------|
| | | Min | Prom | Min | Prom |
| Composición de la sombra | Mantener o establecer sombra de una mezcla de especies nativas | + | + | + | + |
| | Incluir al menos 10 especies de árboles nativos, cada especie representada por al menos un árbol por manzana (0.69 ha) ^a | - (13%) | + | - (10%) | + |
| Cobertura | La densidad de la plantación de árboles de sombra debe ser, de por lo menos 70 árboles por hectárea, que provean en promedio un 40% de sombra. | + | + | + | + |
| Estructura | Al menos 20% de los árboles de sombra deben ser emergentes (pueden establecerse mediante reforestación). | + | + | + | + |
| | Mantener una altura mínima del dosel 15 m. | + | + | + | + |
| Manejo | La poda debe evitarse durante la estación seca. | + | + | + | + |
| | Las podas regulares deben mantener al menos 50% de las frutas y flores en los árboles. | + | + | + | + |
| | Las epífitas deben ser conservadas. | + | + | + | + |

Fuente: Rice y Mc Lean, 1999.

^a En los valores negativos se anota el porcentaje de cafetales en cada zona que no cumplió con el criterio.
*Min=mínimo; Prom=promedio. Se refieren a los valores mínimo y promedio registrados en los cafetales de cada zona que se utilizaron como referencia para evaluar el cumplimiento de las normas de cada sello.

4.2. Diversidad, abundancia y selección de especies para sombra

La diversidad de especies para sombra de café tiene una relación importante con la diversidad de especies en el ecosistema original de estas zonas de Chiapas (López, 1980; Del Amo *et al.*, 1992 y Miranda, 1998). De manera general, esta diversidad es producto de la selección consciente de los productores de acuerdo con las condiciones de clima y altitud del cafetal, así como de las variedades de café, la disponibilidad de tiempo y de recursos de los productores, las necesidades de autoconsumo o venta de productos de los árboles (frutas, leña y madera) y sus oportunidades de mercado o la dificultad para transportarlos.

4.2.1. Caracterización de especies

Ciento treinta y cinco especies de 32 familias botánicas fueron registrados para sombra en las dos zonas de estudio, 85 especies en Ixhucatán (400 a 1000 msnm) y 50 especies de Tapalapa (800 a 1900 msnm) (apéndice 5 a 7), 11 especies se reportaron en las dos zonas. Las familias con mayor número de especies reportadas para sombra fueron Lauraceae y Leguminosae. En estas mismas familias fue frecuente que los productores clasificaran como árboles diferentes a ejemplares que en el herbario se identificaron con el mismo nombre científico; sin embargo durante su determinación se pudieron apreciar diferencias significativas que pueden ser debidas a diferentes variedades. Por razones de aplicación del estudio se mantuvieron como especies distintas los árboles con nombres comunes diferentes.

En Ixhucatán el estrato alto, medio y bajo presentaron una riqueza de especies de 45, 30 y 10 especies respectivamente, mientras que en Tapalapa los mismos estratos tuvieron una riqueza de 15, 14 y 21 especies. Estos datos indican que más del 80 % de las especies arbóreas del ecosistema original de la selva alta perennifolia y el bosque mesófilo de montaña (López, 1980; Del Amo *et al.*, 1992; Miranda, 1998; CONABIO, 2000) están representadas en los cafetales estudiados.

En Ixhucatán, la densidad promedio de individuos por hectárea en el dosel de sombra fue de 252 individuos/ha. Las especies chelel (*Inga* spp), laurel (sin determinar), bojón (*Cordia* sp.), ramón (*Brosimum* sp), pimienta (*Pimenta dioica* (L.) Merr.) y chinin (*Persea schiediana* Nees.) fueron la columna vertebral de sombra por su abundancia y sumaron el 85% del total de individuos registrados en los cafetales de esta zona (cuadro 12, pág. 41).

Cuadro 12. Especies de sombra más abundantes en cafetales de Ixhuatán, Chiapas, México. 2001.

| Nombre común | Nombre científico | Densidad promedio de individuos por hectárea ^a | Porcentaje de la densidad total de árboles por hectárea ^b |
|--------------|----------------------------------|---|--|
| Chelel | <i>Inga</i> spp. | 75 | 30 |
| Laurel | Lauraceae (sp.) | 50 | 20 |
| Bojón | <i>Cordia</i> sp. | 50 | 20 |
| Ramón | <i>Brosimum</i> sp. | 20 | 8 |
| Pimienta | <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. | 13 | 5 |
| Chinin | <i>Persea schiediana</i> Nees. | 6 | 2 |
| TOTAL | | 214 | 85 % |

^a Estimada del número de árboles por especie en 30 cafetales. ^b 252 árboles/ha. Promedio estimado del total de árboles por hectárea en 30 cafetales.

En Tapalapa, el dosel de sombra tenía una densidad promedio de 181 individuos/ha. En esta zona la columna vertebral o grupo de especies dominantes por su abundancia fueron: chelel (*Inga* spp), cacaté (*Oecopetalum mexicanum* Greenm et Thomps.), guachipilín (*Diphysa robinoides* Benth.), aguacate (*Persea americana* L.), pomarrosa (*Syzygium jambos* (L.) Alston.) y tabaquillo (*Solanum* sp.) que constituyeron más del 75% del total de individuos (cuadro 13).

Cuadro 13. Especies de sombra más abundantes cafetales de Tapalapa, Chiapas, México. 2001.

| Nombre común | Nombre científico | Densidad promedio de individuos por hectárea ^a | Porcentaje de la densidad total de árboles por hectárea ^b |
|----------------------|--|---|--|
| Chelel | <i>Inga</i> spp | 50 | 28 |
| Cacaté | <i>Oecopetalum mexicanum</i> Greenm et Thomps. | 40 | 22 |
| Guachipilín | <i>Diphysa robinoides</i> Benth. | 20 | 11 |
| Aguacate | <i>Persea americana</i> L. | 12 | 7 |
| Pomarrosa | <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston. | 10 | 5 |
| Tabaquillo (Ay-otsi) | <i>Solanum</i> sp. | 10 | 5 |
| TOTAL | | 142 | 78 % |

^a Estimada del número de árboles por especie en 30 cafetales.

^b 181 árboles/ha. Promedio estimado del total de árboles por hectárea en 30 cafetales.

El 90% de los árboles registrados para sombra en las dos zonas fueron nativos. El 10% restante fueron especies introducidas o exóticas, principalmente árboles frutales (apéndices 6 y 7). Estos resultados fueron consistentes con la apreciación de los productores detectada por las entrevistas y talleres participativos, donde el 100% de los productores señalaron una marcada preferencia por las especies locales argumentando las ventajas que se resumen en el cuadro 14.

Cuadro 14. Percepción de los productores de Ixhuatán y Tapalapa sobre las ventajas de las especies locales y desventajas de las especies introducidas para sombra de café.^a Chiapas. México, 2001.

| Ventajas de especies nativas | Desventajas de especies introducidas |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adaptados al clima del lugar ▪ Conocido por los productores ▪ Son más resistentes a plagas y enfermedades ▪ Las plantas y semillas son fáciles de conseguir en la zona ▪ Son compatibles con el cultivo de café ▪ Tienen otros usos conocidos como leña y madera | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No siempre se adaptan al clima de la zona, no desarrollan bien o mueren. ▪ No son conocidos por los productores ▪ No hay viveros de otras especies en la zona, hay que traerlos de otra zona y generalmente hay que comprarlos. |

^a Resumen de 60 entrevistas y dos talleres con la participación de productores de Ixhuatán y Tapalapa. Abril y mayo, 2001.

Los productores de café de las zonas de estudio afirmaron que los árboles del género *Inga*, conocidos comúnmente como cheeles y ampliamente utilizados como árboles para sombra de café, no son árboles introducidos o exóticos como algunas veces se cree; más aún los productores identifican a los cheeles como árboles locales que son parte de la vegetación natural. En los talleres y entrevistas, los productores destacaron que el Instituto Mexicano del Café (INMECAFE) promovió en los años setenta el uso de cheeles como árboles para sombra monoespecífica en densidades de 80 a 100 árboles por hectárea; aunque los productores también reconocieron que este árbol es uno de los mejores para sombra, la sombra monoespecífica no se adoptó.

El 90% de los árboles en las zonas estudiadas fueron usados como sombra permanente. Las especies para sombra temporal en la zona fueron poco utilizadas por la forma de

establecimiento de un cafetal nuevo, donde para cumplir la función de sombra en los primeros años del cultivo, generalmente se ocupan acahuales o vegetación secundaria; o en otros casos de leguminosas arbustivas, higuera (*Ricinus communis* L.) o plátanos (*Musa* spp).

En cuanto a otros usos de las especies para sombra, se registraron cuatro usos importantes: madera para muebles, madera para construcción, leña para combustible y frutales. En Ixhuatán se aprovecha la leña para combustible del 98% de las especies, mientras que el 77% de especies tiene dos o más usos adicionales; 29% de las especies para sombra tienen potencial comercial, principalmente maderable, lo que podría representar una oportunidad para los productores de aumentar la rentabilidad en sus sistemas de producción (apéndice 6).

En Tapalapa, el 80% de las especies se utiliza también para leña, mientras que 72% de las especies tiene dos o más usos adicionales, del total de especies en Tapalapa el 24% tiene valor comercial, principalmente especies frutales como cacaté (*Oecopetalum mexicanum* Greenm et Thomps) y aguacate (*Persea americana* L.) que son vendidas por los productores en el mercado local (apéndice 7). Estas especies también se reportan con alto valor para la conservación de aves (Solórzano, 1995; CONABIO, 2000; Del Coro y Márquez, 2000), lo que indica que la función de conservación de la biodiversidad es complementaria a las funciones como árboles de sombra y productores de frutas.

4.2.2. Criterios de selección para árboles de sombra

Se encontraron 34 características o atributos para la selección de árboles de sombra. De los 34 atributos, 25 se reportaron en Ixhuatán y 31 en Tapalapa con 22 coincidencias en las dos zonas de estudio. La importancia de los atributos de selección dió como resultado el índice de atributo (IA) para las características reportadas en cada zona de estudio (apéndice 8).

De acuerdo al IA (detallado en el punto 3.2.4) se obtuvo una lista de los atributos más importantes (con valor superior a 2.0 puntos) en cada zona de estudio. En total se encontraron 16 atributos importantes, de los cuales 10 atributos se reportaron en Ixhuatán y 15 en Tapalapa (cuadros 15 y 16 página 44).

Cuadro 15. Los atributos más importantes como criterios de selección para árboles de sombra según los índices de atributo (IA de 0-3). Ixhuatán, Chiapas. México, 2001.

| ATRIBUTOS DESEABLES | Índice de atributo (IA) |
|--|--------------------------------|
| 1. Producir mucho follaje (frondoso) | 3.0 |
| 2. Incorporación de materia orgánica al suelo por aportación de hojas | 3.0 |
| 3. Sistema radicular profundo | 3.0 |
| 4. No susceptible a enfermedades | 3.0 |
| 5. Ausencia de susceptibilidad a insectos que provoquen defoliación súbita | 3.0 |
| 6. Copa en forma de paraguas o sombrilla (extendida y estratificada) | 2.4 |
| 7. Sistema radicular fuerte | 2.4 |
| 8. Adaptación a la zona de producción (climas cafetaleros) | 2.4 |
| 9. Ofrecer otros servicios además de la sombra | 2.4 |
| 10. Ofrecer productos como leña, madera, frutas, etc. | 2.4 |

Cuadro 16. Los atributos más importantes como criterios de selección para árboles de sombra según los índices de atributo (IA de 0-3). Tapalapa, Chiapas. México, 2001.

| ATRIBUTOS DESEABLES | Índice de atributo (IA) |
|---|--------------------------------|
| 1. Copa abierta o rala (sombra ligera y difusa) | 3.0 |
| 2. Copa en forma de paraguas o sombrilla (extendida y estratificada) | 3.0 |
| 3. Producir mucho follaje (frondoso) | 3.0 |
| 4. Incorporación de materia orgánica al suelo por aportación de hojas | 3.0 |
| 5. Sistema radicular profundo | 3.0 |
| 6. Sistema radicular no competitivo | 3.0 |
| 7. No susceptible a enfermedades | 3.0 |
| 8. Ausencia de susceptibilidad a insectos que provoquen una defoliación súbita* | 3.0 |
| 9. Tolerancia al estrés ambiental | 3.0 |
| 10. Adaptación a la zona de producción (climas cafetaleros) | 3.0 |
| 11. Ofrecer otros servicios además de la sombra | 2.7 |
| 12. Ofrecer productos como leña, madera, frutas, etc. | 2.7 |
| 13. Copa alta o de altura media | 2.4 |
| 14. Tallos no quebradizos (resistencia a vientos) | 2.4 |
| 15. Ausencia de efectos alelopáticos (tóxicos) para el café | 2.4 |

Considerando los atributos reportados con más alto IA en las dos zonas, éstos podrían resumirse en tres principales: 1) producir mucho follaje para la incorporación de materia orgánica al suelo; 2) tener un sistema radicular profundo y 3) no ser susceptible a enfermedades ni plagas, particularmente a insectos que provoquen una defoliación súbita.

De acuerdo con las entrevistas y talleres en las zonas de estudio se encontró que las razones de mayor peso de estos criterios se debe a fundamentalmente a tres factores. El primero, que los productores reconocen que la producción de sus cafetales está sujeta a la fertilidad de sus suelos, lo que depende en gran medida del abono proporcionado por la hojarasca de los árboles de sombra en su cafetal. El segundo, que los productores identifican como un problema la competencia de los árboles por nutrientes en el suelo, cuando sus raíces no son suficientemente profundas. Y el tercero, que el estado saludable y productivo de sus cafetales depende de la sombra propiciada por los árboles como se expresó en la percepción de los productores sobre el papel de la sombra en el cultivo del café en el punto 4.1.3.3, de manera que si esta sombra es afectada por un agente externo, como es el caso de una plaga, las consecuencias afectan directamente la producción de café.

En estos resultados también se reflejó el hecho que los productores comentaron con respecto al criterio de no susceptibilidad a plagas ni enfermedades, particularmente a insectos que provoquen una defoliación súbita, explicando que este criterio no era considerado para la selección de árboles de sombra antes de que esta plaga afectara a los árboles de chelel (*Inga spp*); pero los daños ocasionados motivaron a los productores a priorizar la característica de no susceptibilidad, a reconocer especies menos susceptibles a la plaga y a buscar especies de rápido crecimiento para emplearlas como sustitutos de la sombra de estos cafetales. Este factor también influyó en el manejo de los cafetales reduciendo de manera importante las prácticas de anillamiento y tumba de árboles. Lo anterior indica que los atributos y criterios para la selección de árboles de sombra son sujetos a cambios y su peso es dinámico.

Con respecto a las diferencias que existieron entre la valoración de los criterios para una zona u otra, destacaron que en Ixhuatán la exposición a los vientos alisios provenientes del Golfo de México ocasiona con mayor frecuencia el problema de árboles caídos, mientras que en Tapalapa, las condiciones orográficas protegen de este fenómeno, de tal

manera que el criterio de selección de sistema radicular fuerte es relevante para Ixhuatán, en tanto que no lo es para Tapalapa.

En el mismo sentido, en Tapalapa el criterio de ausencia de efectos alelopáticos se debe a que en la vegetación primaria de Tapalapa son dominantes las especies con alto contenido de resinas como pinos (*Pinus spp*), encinos (*Quercus spp*) y liquidámbar (*Liquidambar styraciflua L.*) que los productores identifican como árboles "calientes" por los daños que ocasionan a las plantas de café cuando alguno de estos árboles se encuentra en el cafetal.

De los 34 criterios de selección encontrados, siete no habían sido reportados en la literatura, estos criterios fueron: 1) copa de altura media a alta, 2) ramas abundantes, 3) hojas medianas (8 a 15 cm de ancho), 4) hojas gruesas, 5) hojas que al caer no se depositen en los cafetos por su tamaño muy grande o estructura en forma de gancho, 6) habilidad de regeneración natural, y 7) proveer recursos alimenticios para animales silvestres.

Exceptuando la habilidad de regeneración natural que no fue reportada en Ixhuatán, los siete atributos anteriores fueron reportados como criterios de selección en las dos zonas de estudio. Sin embargo, se pudo apreciar que en las dos zonas la habilidad de regeneración constituye la base del manejo de la sombra en los cafetales, lo cual indicaría que un atributo que muchos árboles poseen, puede no ser considerado como criterio de selección.

Copa media o alta es una característica que los productores consideraron importante porque las variedades de café que se utilizan con más frecuencia son de porte alto (3 a 4 m, Typica y Bourbon); una copa de baja altura podría afectar la producción de café y demandaría un manejo más exigente de podas o desrames. En este criterio de selección se puede reconocer que los atributos deseables están relacionados con un criterio de minimización de costos de producción, en este caso por el manejo que se proporciona al cafetal.

Ramas abundantes fue una característica asociada a la sombra de los árboles sobre el cafetal. Un árbol con pocas ramas proyecta menor sombra y menos homogénea que un árbol con muchas ramas.

Hojas medianamente anchas y gruesas fueron características consideradas importantes por los productores porque la hojarasca cubre mejor el suelo y su descomposición es más lenta, lo que contribuye no sólo a una mayor cantidad de biomasa como abono para el suelo, sino que se mantiene por más tiempo controlando el crecimiento de malezas. Este criterio de selección indica el reconocimiento de los productores a los aportes de los árboles de sombra en la sostenibilidad de la producción (Jiménez-Ávila y Gómez-Pompa, 1982; Roskoski, 1982; Barradas y Fanjul, 1984) y en el control de malas hierbas en el cafetal (Guharay *et al.*, 2001).

Otra característica de las hojas no reportada en la literatura y que se consideró un criterio de selección en las zonas de estudio fue un tamaño muy grande o el peciolo en forma de gancho porque ocasiona que las hojas se depositen en las ramas de los cafetos, lo que en grandes cantidades reduce de manera importante el rendimiento.

Llama la atención el criterio de selección que considera árboles que son un recurso alimenticio para animales silvestres (principalmente aves, abejas, ardillas y zorros), porque algunos productores mencionaron este criterio como un servicio que ofrecen los árboles al mantenimiento de la biodiversidad en su región, más que como un criterio directamente relacionado con su cafetal. Esto indica que los criterios de selección de árboles para sombra de café pueden también estar sujetos a otros juicios de valor por parte de los productores, en este caso a una externalidad de su sistema de producción.

Comparando los criterios de selección también se identificaron ocho atributos reportados por la literatura que no son considerados directa o indirectamente por los productores como atributos relevantes para la selección en estas zonas. La consideración indirecta de un atributo se refiere a que los productores reportaron que el atributo es el resultado de otra característica que ellos señalaron. Los atributos para selección relacionados con productos como madera, leña y frutas también se excluyen de esta lista de ocho atributos (página 48).

Atributos reportados por la literatura como criterios de selección que no son considerados relevantes para los productores en las zonas del estudio:

1. En zonas secas, perder hojas en época seca para disminuir el consumo de agua.
2. Copa angosta.
3. Ramas libres de espinas.
4. Hojas pequeñas que filtren el sol y la lluvia.
5. Corteza lisa que no permita hospedar epífitas.
6. No hospedero de plagas ni enfermedades que afecten al caféto.
7. Fáciles de reproducir (cultivo de los árboles).
8. Habilidad de propagación vegetativa (reproducción por estacas).

En algunos casos se detectó oposición importante entre los criterios reportados por la literatura y los que señalan los productores como atributos deseables. Por ejemplo, la copa angosta y hojas pequeñas son características que los productores consideran no deseables; en el caso de la copa angosta, esta característica no es deseable debido a que se requieren más árboles por hectárea en el cafetal para lograr el efecto de sombra, lo cual va en detrimento de la densidad del cultivo; mientras que las hojas pequeñas son las menos apreciadas por los productores por su rápida descomposición en el terreno, lo que reduce su tiempo de permanencia como cobertura al suelo para el control de malezas y la erosión.

En muchos casos, fueron las condiciones locales o las temporales las que determinaron que un criterio no tenga valor o se aplique en estas zonas, como es el caso del atributo de pérdida de hojas en época seca, que no aplica para estas zonas por su alta humedad; o el criterio de no hospedero de plagas y enfermedades no se considera porque no se han presentado problemas de plagas o enfermedades del cultivo que se atribuyan a los árboles; sin embargo, una plaga que afecte a los árboles es muy relevante por el reciente problema del chelel (*Inga* sp).

En otros casos, las condiciones de manejo del cafetal establecieron las pautas para los criterios de selección. Ramas libres de espinas no fue considerado como atributo importante en estas zonas porque los productores no requieren subirse a los árboles para podarlos; la facilidad de reproducción o la habilidad de propagación vegetativa tampoco

fueron criterios de selección porque los productores no cultivan los árboles, sólo los conservan o trasplantan de la regeneración natural. De la misma manera, las epífitas en los árboles no son consideradas perjudiciales para el cafetal, por lo que una corteza lisa que no hospede epífitas no fue un criterio de selección en estas zonas.

El hecho de que los productores asignaron un bajo peso a los atributos de capacidad de rebrote y tolerancia a la poda como criterios de selección en las dos zonas, también confirma que el manejo que realizan a la sombra en los cafetales determina algunos de los criterios. En las dos zonas, los productores regulan la sombra basados en la regeneración natural y la eliminación de árboles viejos por anillamiento, más que con podas y recepas.

En resumen, existe una relación consciente de los productores entre los criterios que aplican para seleccionar árboles con las condiciones ambientales locales, con una situación temporal o con el manejo local que se da a los árboles de sombra. Esto también sugiere que los criterios de selección están sujetos a cambios, no solo entre zonas sino al interior de la misma zona y en el tiempo.

Sumando los pesos de los índices de atributo (IA) obtenidos para cada criterio por grupo de características resultó el valor de cada grupo de características o índice de cluster IC (descrito en el punto 3.2.4) que se presenta en el cuadro 17 y la figura 6 (página 50).

Cuadro 17. Jerarquía de grupos de características establecida mediante valores de índice de cluster (IC) calculados en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas, México, 2001.

| Índice de Cluster (IC) | Ixhuatán | Tapalapa | Promedio | Jerarquía |
|------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| Sanidad | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 1 |
| Raíz | 2.7 | 3.0 | 2.8 | 2 |
| Productos | 2.4 | 2.7 | 2.5 | 3 |
| Servicios | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 4 |
| Copa | 1.42 | 1.9 | 1.6 | 5 |
| Compatibilidad | 0.6 | 2.4 | 1.5 | 6 |
| Manejo | 0.9 | 1.6 | 1.2 | 7 |
| Fuste | 0.6 | 0.1 | 0.8 | 8 |

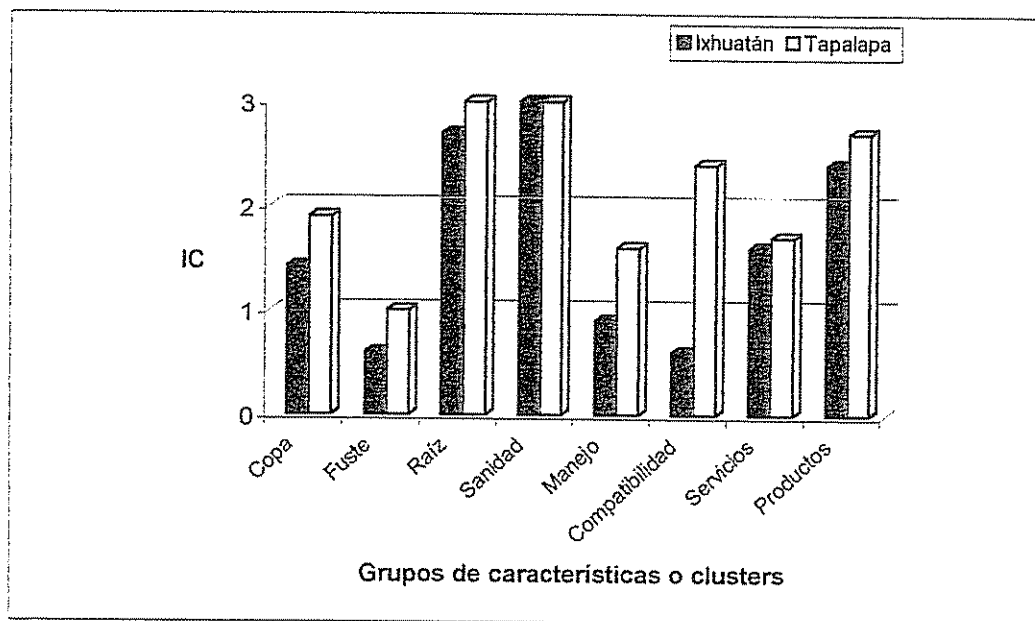


Figura 6. Índices de cluster (IC) para grupos de características como criterios de selección de árboles de sombra en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001.

El peso de cada índice de cluster (IC) señaló la importancia de cada grupo en la selección de los árboles de sombra, encontrando que los grupos de características se comportaron con valores similares para las dos zonas de estudio y que por tanto, se puede establecer una jerarquía de grupos de criterios que se aplican en la selección de los árboles de sombra.

Los grupos de características más importantes fueron sanidad, raíz y productos. De manera que se puede interpretar que la selección de especies para sombra en las zonas estudiadas consideró prioritarios los atributos de los árboles en esos tres aspectos. Lo anterior se confirmó con las entrevistas cuando los productores señalaron como criterios de selección importantes: 1) la ausencia de plagas que ocasionen defoliación a los árboles de sombra en los cafetales, 2) la profundidad del sistema radicular y 3) los productos adicionales que se obtienen de los árboles de sombra.

4.2.3. Evaluación de especies en cafetales diversificados

Considerando la diversidad de especies para sombra encontradas, su aproximación al cumplimiento de normas para certificación de café con sombra, así como los criterios identificados y las propiedades dinámicas de los mismos, se realizó una evaluación del potencial de las especies con la fórmula PES (detallada en 3.2.5) en un modelo de selección de árboles de sombra basado en conjuntos de características (apéndices 9 y 10). El porcentaje de especies con más alto desempeño en cada uno de los grupos de características se presenta para las dos zonas en el cuadro 18.

Cuadro 18. Evaluación del potencial de especies para sombra (PES). Porcentaje de especies con mayor calificación en cada grupo de características. Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas, México, 2001.

| Grupo de características en orden de importancia IC | % de árboles con mayor calificación desempeño en el cluster | |
|---|--|----------|
| | IXHUATAN | TAPALAPA |
| Sanidad | 93 | 90 |
| Raíz | 20 | 30 |
| Productos | 100 | 96 |
| Servicios | 100 | 100 |
| Copa | 43 | 70 |
| Compatibilidad | 96 | 86 |
| Manejo | 100 | 100 |
| Fuste | 100 | 86 |

En Ixhuatán 18 árboles obtuvieron la calificación máxima en la evaluación PES (cuadro 19, página 52); mientras que en Tapalapa 10 árboles para sombra obtuvieron la máxima calificación en la evaluación (cuadro 20, página 52). En el diseño de un cafetal basado en estos resultados, los árboles que se indican en estos cuadros serían las especies de la columna vertebral del dosel de sombra, mientras que las otras especies podrían desempeñar funciones complementarias a la sombra como son los servicios y productos adicionales, tal sería el caso de 26 especies maderables reportadas en este estudio (cuadro 21, página 53).



Cuadro 19. Árboles de Ixhuatán con más alto potencial como árboles de sombra, según evaluación PES =13.2 para todas las especies (máximo 24). Chiapas, México. 2001.

| Nombre común (Español) | Nombre científico |
|-------------------------------|---|
| 1 Aguacate | <i>Persea americana</i> L. |
| 2 Bojón | <i>Cordia alliodora</i> (R. & P.) Oken |
| 3 Canisté | <i>Pouteria campechiana</i> H.B.K. Baehni |
| 4 Castarrica | <i>Alibertia edulis</i> (L. Rich) A. Rich ex DC. |
| 5 Charamusco | <i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) Macbr. |
| 6 Chelel | <i>Inga latibracteata</i> Harms. |
| 7 Chelel de hoja menuda | <i>Inga</i> sp. |
| 8 Chincuya | <i>Annona purpurea</i> M.&S. Ex Dunal |
| 9 Chinin bola | <i>Persea schiediana</i> Nees. |
| 10 Cuajinicuil | <i>Inga punctata</i> Willd. |
| 11 Jondura | <i>Spondias purpurea</i> L. |
| 12 Laurel de montaña | Lauraceae |
| 13 Laurel fino | Lauraceae |
| 14 Laurel hediondo | Lauraceae |
| 15 Laurel leñador o corriente | Lauraceae |
| 16 Laurel parecido al fino | Lauraceae |
| 17 Laurel parecido al peludo | Lauraceae |
| 18 Zapote mamey | <i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn |

Cuadro 20. Árboles de Tapalapa con más alto potencial como árboles de sombra, según evaluación PES = 17.3 para todas las especies (máximo 24). Chiapas, México. 2001.

| Nombre común (Español) | Nombre común (Zoque) | Nombre científico |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 1 Aguacate | Owi | <i>Persea americana</i> L. |
| 2 Cedro | Akujy | <i>Cedrela salvadorensis</i> Standl |
| 3 Chinin alargado | Ko'yon | <i>Persea schiedeana</i> Nees. |
| 4 Chinin bolita | Tsay-owi | <i>Persea schiedeana</i> Nees. |
| 5 Laurel | Pöa-joko | Lauraceae |
| 6 Laurel | Puch-joko | Lauraceae |
| 7 Laurel | Tin-joko | Lauraceae |
| 8 Laurel | Jokokujy | Lauraceae |
| 9 Laurel de hoja chica | Nömö-joko | Lauraceae |
| 10 Mocosó, Palo de Moco | So'ny o Tsoni | <i>Saurauia villosa</i> DC. |

Se observa que entre las especies que obtuvieron la calificación mayor de PES en las dos zonas están algunas que representan un alto porcentaje de la densidad de los cafetales en Ixhuatán como chelel (*Inga* spp) y laurel (spp.), y en los cafetales de Tapalapa como chelel (*Inga* spp) y aguacate (*Persea americana* L.). Esto significa que los resultados de la evaluación tienen consistencia con la selección de especies que practican los productores y que la sombra de estos cafetales cuenta con otras alternativas como árboles principales

para constituir la columna vertebral, los cuales serían 16 especies más para Ixhuatán y 8 para Tapalapa que se listan en los cuadros 19 y 20.

Por otra parte, en los apéndices 9 y 10 se puede apreciar que la evaluación por el método PES propuesto en este trabajo correspondió en menos del 50% de los árboles a la clasificación local registrada en cada zona, lo cual indica que pueden existir otros factores involucrados en la decisión final de los productores al seleccionar o establecer un árbol para sombra. Por esa razón es conveniente que cuando se elaboran recomendaciones sobre los árboles de sombra más apropiados también se considere como herramienta de apoyo la clasificación local y la identificación de factores externos a las preferencias que afecten la selección.

Cuadro 21. Especies maderables con potencial para sombra en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas, México. 2001.

| | Nombre común | Nombre científico |
|----|----------------------------|--|
| 1 | Bojón | <i>Cordia alliodora</i> (R. & P.) Oken |
| 2 | Bojón candelero | <i>Cordia</i> sp. |
| 3 | Cachimbo | <i>Platymiscium yucatanum</i> Standl. |
| 4 | Caoba | <i>Swietenia macrophylla</i> G. King. |
| 5 | Castarrica | <i>Alibertia edulis</i> (L. Rich) A. Rich ex DC. |
| 6 | Cedro | <i>Cedrela mexicana</i> M. Roem. |
| 7 | Cedro (Akujy) | <i>Cedrela salvadorensis</i> Standl. |
| 8 | Chacahuanté peludo | <i>Simira salvadorensis</i> Standley. |
| 9 | Chacahuanté sin pelo | <i>Simira</i> sp. |
| 10 | Chilillo | <i>Picramnia</i> sp. |
| 11 | Cocoite | <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steudel. |
| 12 | Frijolillo | <i>Pithecellobium</i> sp. Gilly & Hernández X. |
| 13 | Huapaque o Guapaque | <i>Dialium guianense</i> (Aublet) Sandw. |
| 14 | Laurel de montaña | Lauraceae |
| 15 | Laurel fino | Lauraceae |
| 16 | Laurel hediondo | Lauraceae |
| 17 | Laurel leñador o corriente | Lauraceae |
| 18 | Laurel parecido al fino | Lauraceae |
| 19 | Laurel parecido al peludo | Lauraceae |
| 20 | Laurel peludo | Lauraceae |
| 21 | Molinillo | <i>Quararibea funebris</i> (Llave) Vischer. |
| 22 | Palo de Osh | <i>Brosimum alicastrum</i> Sw. |
| 23 | Pimienta | <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. |
| 24 | Suc | <i>Lysiloma kellermanii</i> Br. et R. |
| 25 | Tatuán | <i>Colubrina</i> sp. |
| 26 | Zapotillo | SD |

5. CONCLUSIONES

Los sistemas de producción de café en las zonas de estudio presentan una alta diversidad de árboles como sombra permanente de los cafetales, predominando especies nativas de usos múltiples.

Los sistemas de producción evaluados en Ixhuatán y Tapalapa cumplen con las normas de Smithsonian Migratory Bird Center y Rainforest Alliance para la certificación de café con sombra considerando los valores promedios de diversidad de sombra, densidad de árboles, estratos y manejo.

Los productores de Ixhuatán y Tapalapa dirigen la selección de árboles para sombra mediante un conjunto de criterios locales que consideran principalmente las características de sanidad de los árboles, de su sistema radicular y de los productos que ofrecen.

Existen diferencias entre los atributos reportados en la literatura con los que aplican los productores para la selección de árboles para sombra en las zonas de estudio. Se encontraron siete atributos deseables que no habían sido reportados en la literatura y se identificaron ocho de la literatura que no se consideran atributos relevantes para la selección en estas zonas. Estas diferencias están determinadas fundamentalmente por las condiciones ambientales locales, las características de las especies locales y el manejo de los cafetales.

Los criterios de selección de árboles de sombra y su jerarquía en una zona de producción están sujetos a cambios en el tiempo y espacio debido a factores externos como la incidencia de plagas, el mercado del café y de productos adicionales, así como la valoración subjetiva de servicios o externalidades como la conservación de la biodiversidad.

Un atributo o característica deseable que posean muchos árboles en la zona puede no ser identificado como criterio de selección, como lo indicó el atributo de habilidad de regeneración natural en Ixhuatán que por ser una característica frecuente en los árboles utilizados para sombra, no se reporta como criterio de selección.

La evaluación de los árboles de sombra mediante conjuntos de características permite obtener grupos de especies con funciones complementarias, lo que puede ser útil en el diseño de cafetales sin perder biodiversidad.

6. RECOMENDACIONES

La selección de árboles para sombra considerando la diversidad local de especies, usos y funciones complementarias puede apoyar de manera importante el esfuerzo actual que muchos productores realizan en el diseño de cafetales con funciones múltiples, productos adicionales y servicios certificados.

La aplicación del método propuesto en este trabajo para evaluar el potencial de especies para sombra (PES) puede mejorarse en trabajos sucesivos de selección contando con información más detallada de las especies arbóreas y sus atributos utilizados como criterios de selección.

La investigación participativa puede apoyar la recopilación de experiencias y conocimientos locales en la selección de especies y mejorar la capacitación de productores y técnicos en la producción de café bajo sombra manteniendo la riqueza de especies nativas que contienen sus cafetales.

Es necesario establecer programas de investigación sobre el comportamiento y manejo de las especies seleccionadas en los sistemas de cafetales diversificados, que aseguren el aprovechamiento sustentable y la conservación de la biodiversidad.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Ortiz, F. 1982. Estudio ecológico de las aves del cafetal. In Jiménez-Ávila, E. y Gómez-Pompa eds. Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. México. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB). p.103-127.
- Alejos, J. 1996. Dominio extranjero en Chiapas. El Desarrollo cafetalero en la Sierra Norte. Mesoamérica 32: 283-298.
- Barradas, VL; Fanjul, L. 1984. La importancia de la cobertura arbórea en la temperatura del agroecosistema cafetalero. Biótica 9(4):415-421.
- _____. 1986. Microclimatic characterization of shaded and open-grown coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. Agricultural and Forest Meteorology 38:101-112.
- Bartra, A. 1999. El aroma de la historia social del café. La Jornada Del Campo 28 de julio, suplemento de La Jornada (en línea) México. Consultado el 20 de marzo de 2001. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/1999/julio99/940728/cam-aroma.html>
- Beaucage, P; Cruz Ramírez, S; López Cruz, C. 1999. Factores socio-culturales, manejo de cafetales y diversidad florística en una comunidad popoluca del Sur de Veracruz. El Jarocho Verde (México) 11: 35-39.
- Bellow, J; Muschler, R. 1999. Screening for promising tree associates for coffee in Central America. In Jiménez, F; Beer, J. eds. Multi-strata agroforestry systems with perennial crops. Costa Rica. CATIE. p. 171-174.
- Beer, JW. 1985. Experiencias con árboles de sombra en cafetales, en Costa Rica. In Avances en la Investigación Agroforestal: actas del seminario. Turrialba, 1989. CATIE Serie Técnica. Informe Técnico No. 147. p. 187-195.
- Beer, JW. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cocoa and tea. Agroforestry Systems 5: 3-13.
- Beer, JW. 1991. Ventajas, desventajas y características deseables en los árboles de sombra para café, cacao y té. Phillips-Mora, W. Ed. Sombras y cultivos asociados con cacao. Turrialba, Costa Rica. CATIE p.111-125.
- Beer, JW. 1995. Efectos de los árboles de sombra en la sostenibilidad de un cafetal. Boletín PROMECAFE (IICA, Costa Rica) 68:12-18.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantation. Agroforestry Systems 38:139-164.
- Breedlove, E. 1986. Listados florísticos de México. IV Flora de Chiapas. México. Instituto de Biología. UNAM. 246 p.

- Budowski, G. 1992. El alcance y el potencial de la agroforestería con énfasis en Centroamérica. *Agroforestry Systems* 23(2-3): 121-131.
- ✓ _____ . 1986. Características críticas de árboles en sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 7 p.
- ✓ _____ . 1994. ¿Plantar árboles exóticos o nativos?. In Krishnamurthy, L; Leos-Rodríguez, JA. eds. Conferencia Internacional Agroforestería en Desarrollo, Educación, Investigación y Extensión. Chapingo, México. p 275.
- Cifuentes, LE. 1997. Competitividad y calidad en armonía con la naturaleza. Un enfoque de sistemas para la cafcultura sostenible. XVIII Simposio Latinoamericano de Cafcultura. San José, Costa Rica. 16-19 set. 1997. p. 104-119.
- CONABIO (Comisión Nacional para la Biodiversidad). 2000. Regiones prioritarias terrestres (en línea). Ciudad. Consultado el 16 agosto de 2000. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/sig/carto_disponible.cgi
- CMC (Consejo Mexicano del Café). Información general (en línea). 2001. Ciudad. Consultado el 9 de noviembre, 2001. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/cmcc/cafe01sp.htm#indice>
- Cook, OF. 1901. Shade in coffee culture. Washington, USDA. Bulletin no. 25. 79 p.
- COPLADE (Comité de Planeación para el Desarrollo). 1997. Programa de desarrollo de la región norte 1995-2000. México. Gobierno del Estado, Chiapas. 189 p.
- Del Amo, S; Cárdenas AR; Anaya, AL. 1992. Manual de actividades de conservación y recuperación de especies para los comités municipales. Serie científica 4. Programa de acción forestal tropical. México. Gobierno del Estado, Chiapas. 174 p.
- Del Coro, M; Márquez, L. 2000. Áreas de importancia biológica para la conservación de las aves en México. México, D.F. 440 p.
- ✓ Escamilla, E. 1993. El café cereza en México: tecnología de la producción. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 116 p.
- Espinoza, L. 1983. Estructura general de cafetales de pequeños agricultores. In Heuvelod, J; Espinoza, L. eds. El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 72-84.
- _____ . 1985. Untersuchungen über die Bedeutung der Baumkomponente bei agroforstwirtschaftlichem Kaffeeanbau an Beispielen aus Costa Rica. Ph.D. Thesis. Göttinger Beiträge zur Land-und Forstwirtschaft in der Tropen und Subtropen. Heft 10. 164 p.
- Fassbender, HW. 1982. Aspectos edafológicos de los sistemas de producción agroforestales (notas del curso). Turrialba, Costa Rica. CATIE. 109 p.

- Fassbender, HW. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica. CATIE/GTZ. 491 p.
- Fassbender, HW; Beer, JW; Heuvelop, J; Imbach, AC; Enríquez, GA; Bonnemann, A. 1991. Ten years balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 45(1):173-183.
- Fernández, CE; Muschler, RG. 1999. Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. In Bertrand, B. y Rapidel, B. eds. *Desafíos de la caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica. IICA, PROMECAFE, CIRAD. p. 69-96.
- Finegan, B. 2000. ¿Porqué importa la biodiversidad? Su relación a la sustentabilidad ecológica. *Apuntes del curso: Bases ecológicas para la producción sostenible*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 15-31.
- FONAES (Fondo Nacional de Empresas en Solidaridad). 1997. *Expocafé indígena 97* (en línea). Ciudad. Consultado el 3 octubre, 2000. Disponible en http://www.fonaes.gob.mx/expocafe/97/info_02.htm
- _____. 1998. *Estados productores de café* (en línea). Ciudad. Consultado el 3 de octubre, 2000. Disponible en: <http://www.fonaes.gob.mx/areas/comercn/café/mexico/edos.htm>
- Galloway, G; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE/GTZ. 168 p.
- Geiffus, F. 1994. *El árbol al servicio del agricultor. Manual de agroforestería para el desarrollo rural. v 1. Principios y técnicas*. Turrialba, Costa Rica. ENDA CARIBE/CATIE. 337 p.
- Greenberg, R. 1990. *El Sur de México: cruce de caminos para los pájaros migratorios*. USA. Smithsonian Migratory Bird Center. 32 p.
- Greenberg, R; Bichier, P; Sterling, J. 1997. Bird populations and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas. *Biotrópica* 29 (4): 501-514.
- Guharay, F; Monterroso, D; Staver, C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para supresión de plagas en cafetales de América Central. *Agroforestería en las Américas* 8(29):22-29.
- Gutiérrez, G. 1968. Condiciones ecológicas para el establecimiento del café robusta en América Latina. *Tabaco* 5(23):32-33.
- Hacienda. 2000. *Agenda Estadística Chiapas 2000*. Chiapas, México. Gobierno del Estado. 651 p.
- Harper, LA., 1970. Factores que contribuyen a una alta producción de café. *La Hacienda* 65(3): 48-52.

- Hernández, NL. 2000. Cultivo rico, productores pobres: la producción del café (entrevista por Blanche, P.) (en línea). Ciudad. Consultado el 6 de agosto 2001. Disponible en: http://www.lainsignia.org/2000/octubre/econ_010.htm
- Hernández, OR. 1995. Rendimiento y análisis financiero del sistema agroforestal café (*Coffea arabica* cv caturra) con Poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 70 p.
- Heuveldop, HJ. 1985. Conceptos silviculturales en sistemas agroforestales. In Seminario Avances en la Investigación Agroforestal. Turrialba, Costa Rica 1-11 Set 1985. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 147. p. 57-76.
- Holdridge, LR. 1957. Árboles de sombra para el cacao. In Erickson AL. ed. Manual del curso de cacao. Turrialba, Costa Rica. IICA. p. 113-117.
- ICBP (International Council for Bird Preservation). 1992. Putting Biodiversity on the Map: priority areas for global conservation. Cambridge, USA. ICBP. 90 p.
- INMECAFE (Instituto Mexicano del café). 1978. El café en México. Artes de México N° 192. Año XXII. p. 79-81.
- Jiménez-Ávila, E; Gómez-Pompa, A. 1982. Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México, D.F. p. 55-63.
- Jiménez, OF. 1986. Balance hídrico con énfasis en percolación de dos sistemas agroforestales: café-poró y café-laurel, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 104 p.
- Kumar, D; Tieszen, LL. 1980. Photosynthesis in *Coffea arabica* L. I. Effects of light and temperature. *Experimental Agriculture*. 16(1):13-19.
- Lemmon, PE. 1957. A new instrument for measuring forest overstory density. *Journal of Forestry* 55(9): 667-668.
- Lock, CGW. 1888. Coffee: its culture and commerce in all countries. Londres, Inglaterra. London: E & FN Spon. 264 p.
- López, MR. 1980. Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas. Cuadernos Universitarios. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 116 p.
- Martínez, E; Peters, W. 1996. La cafecultura biológica: la finca Irlanda como estudio de caso de un diseño agroecológico. In Trujillo, J; De León-González, F; Calderón, R; Torres-Lima, P. eds. Ecología aplicada a la agricultura: temas selectos de México. D.F., México. Universidad Autónoma Metropolitana. p. 159-183.

- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. México. Fondo de Cultura Económica. 1247 p.
- Miranda, F. 1998. La vegetación de Chiapas. 3ª Ed. México. Consejo Estatal para la Cultura y las Artes de Chiapas. 596 p.
- Moguel, P; Toledo, VM. 1996. El café en México: ecología, cultura indígena y sustentabilidad. Ciencias 43: 40-51.
- _____. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. Conservation Biology 13 (1):11-21.
- Muñoz, A. 1998. La biodiversidad de Chiapas (en línea). Ciudad. Consultado el 10 de agosto, 2000. Disponible en:
<http://planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/98/0598chiapas2.html>
- Muschler, RG. 1995. Efectos de diferentes niveles de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. caturra y catimor. In Escalant, JV; Morera, NV. eds. Resúmenes de la II semana científica. Programa de Investigación Científica. Turrialba, Costa Rica. CATIE. P. 159-160.
- Muschler, RG. 1998. Tree-crop compatibility in agroforestry: production and quality of coffee grown under managed tree shade in Costa Rica. USA. University of Florida. 219 p.
- Muschler, RG. 2000. Árboles en Cafetales. Módulos de Enseñanza Agroforestal N° 5. Costa Rica. CATIE/GTZ. 139 p.
- Muschler, RG. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. Agroforestry Systems 51:131-139.
- Nair, PKR; Kang, BT; Kass, DCL. 1995. Nutrient cycling and soil-erosion control in agroforestry systems. Agriculture and environment: bridging food production and environment protection in developing countries. Special publication. American Society of Agronomy 60:117-138.
- Nestel, D. 1995. Coffee in México: international market, agricultural landscape and ecology. Ecological Economics 15: 165-178.
- Nolasco, M. 1985. Café y sociedad en México. México. Centro de Ecodesarrollo. 454 p.
- Nunes, MA.; Cochicho, JD; Dias, MA. 1993. Effect of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. Journal of Experimental Botany 44: 893-899.
- Nygren, P. 1990. Modelos de patrones de sombra de surcos de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook en sistemas de cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 190 p.

- Nygren, P. 1995. Carbon and nitrogen dynamics in *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae: phaseoleae) trees managed by periodic prunings. Tesis Ph. D. Finlandia. 61 p.
- Pennington, TD; Sarukhán, J. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 413 p.
- Perfecto, I., Rice, R., Greenberg, R., Van der Voort, ME. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46 (8):598-608.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. México. LIMUSA. 432 p.
- Rice, P; Mc Lean, J. 1999. Sustainable Coffee at the crossroads. The Consumer's Choice Council. USA. 133 p.
- Roskoski, J. 1982. Importancia de la fijación de nitrógeno en la economía del cafetal. In Jiménez-Ávila, E; Gómez-Pompa, A. eds. Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Xalapa, Veracruz, México. INIREB. p. 33-38.
- SAGAR (Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural). 2000. Análisis coyuntural. Marzo-abril, 2000. p.16-19.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2001. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Vida Silvestre. Oficio No. DOO. 02. 2 p.
- Sharma, PN. 1993. Sistemas agroforestales para la rehabilitación de cuencas altas en Honduras tropical y conceptos modernos sobre el manejo de cuencas para los países en desarrollo. Turrialba, Costa Rica. 30 p.
- Smithsonian Migratory Bird Center. 1998. Shade management criteria for bird-friendly™ coffee (en línea). Consultado el 10 de agosto, 2000. Disponible en: <http://natzoo.si.edu/smbc/coffee/criteria.html>
- Solórzano, LS. 1995. Fenología de 22 especies arbóreas y su relación con la migración altitudinal del quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno* De la Llave 1832), en la Reserva de la Biósfera el Triunfo, Chiapas, México. Tesis Lic. México. UNAM. 108 p.
- Somarriba, E. 1992. Timber harvest, damage to crop plants and yield reduction in two Costa Rican coffee plantations with *Cordia alliodora* shade trees. *Agroforestry Systems* 18:69-82.
- Soto-Pinto, L; Perfecto, I; Castillo-Hernández, J; Caballero-Nieto, J. 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Agriculture Ecosystems & Environment* 80 (2000): 61-69.
- Soto-Pinto, L. 2000. Estudio agroecológico del sistema de café con sombra en comunidades indígenas de Chiapas, México. Tesis Ph. D. México, D.F. UNAM. 171 p.

- Sylvain, PG. 1958. Ethiopian coffee –its significance to world coffee problems. *Economic Botany* 12: 111-130.
- Vaast, Ph. 1999. El mejoramiento de los sistemas agroforestales con café en Centroamérica. *Agroforestería en las Américas* 6(23):76.
- Vaast, Ph; Génard, M; Dauzat, J. 2001. Modeling the effects of fruit load, shade and plant water status on coffee berry growth and carbon partitioning at the branch level. *Acta Horticulturae* (in press).
- Vaast, Ph; Snoeck, D. 1999. Hacia un manejo sostenible de la materia orgánica y de la fertilidad biológica de los suelos cafetaleros. In Bertrand, B; Rapidel, B. eds. *Desafíos de la Caficultura en Centroamérica*. Costa Rica. CIRAD/IICA/PROMECAFE. p. 139-170.

8. APÉNDICES

**APÉNDICE 1. GUÍA DE ENTREVISTA.
SELECCIÓN DE ARBOLES DE SOMBRA EN CAFETALES DIVERSIFICADOS DE CHIAPAS. MÉXICO, 2001.**

Fecha: ____ / ____ / ____

Nombre: _____

1. DATOS BÁSICOS

| | |
|---|--|
| 1.1. Encuesta #: | |
| 1.2 Localización: | |
| 1.3 Nombre del informante clave: | |
| 1.4 Sistema de producción (por tipo de sombra): | |

2. PRODUCCIÓN DE CAFÉ

| PREGUNTA | RESPUESTA | CÓDIGO |
|---|-----------|--------|
| 2.1 ¿Qué superficie tiene su cafetal? | | |
| 2.2 ¿Qué variedades de café tiene en su cafetal? (principal) | | |
| 2.3 ¿Número de plantas? | | |
| 2.4 ¿Cuál es la producción más alta? (Qq Perg ó Cereza). | | |
| 2.5 ¿Cuál es la producción más baja? | | |
| 2.6 ¿Cuál es la más frecuente? | | |
| 2.7 ¿Cuántos años hace que usted tiene este cafetal? | | |
| 2.8 ¿Usted lo sembró? | | |
| 2.9 ¿Cuántos años de experiencia tiene en el cultivo de café? | | |

4. ÁRBOLES DE SOMBRA

| | |
|--|--|
| 4.1 ¿Qué entiende usted por "árbol de sombra"? | |
| 4.2 ¿Qué importancia tiene la sombra de los árboles para el café? | |
| 4.3 ¿Cómo decide usted qué árboles van a estar en su cafetal? | |
| 4.4 ¿Qué aspectos considera usted para escoger los árboles de sombra? | |
| 4.5 ¿Cuál es el mejor o los mejores árboles de sombra para café? ¿Por qué? | |
| 4.6 ¿Qué árboles para sombra se utilizaban antes que ya no se utilizan? | |
| 4.7 ¿Porqué se dejaron de utilizar? | |

5. USO DE ESPECIES NATIVAS

SI EL PRODUCTOR TIENE ESPECIES NATIVAS:

| | |
|--|--|
| 5.1 ¿Qué ventajas tiene usar los árboles locales? | |
| 5.2 ¿Qué razones lo motivan a tener esos árboles en su cafetal? | |
| 5.3 ¿Por qué otros productores no usan esos árboles? | |
| 5.4 ¿Qué características debe tener un buen árbol para sombra de café?* (Ir a la tabla siguiente). | |

9. CAPACITACIÓN

| | |
|---|--|
| 9.1 ¿Ha recibido usted alguna capacitación sobre sombra para café? | |
| 9.2 ¿De quienes? | |
| 9.3 ¿En qué consiste la capacitación? | |
| 9.4 ¿Cuál es su opinión sobre lo que le están enseñando sobre sombra para café? | |

10. CRITERIOS RECOMENDADOS POR LA LITERATURA CIENTÍFICA Y TÉCNICA

¿Cuáles de los siguientes criterios recomendados por los científicos y técnicos, Ud. considera importantes para seleccionar los árboles?

| Característica deseable | CÓDIGO | Ord de imp* | CÓDIGO | Arboles que cumplen con la característica | CÓDIGO |
|---|--------|-------------|--------|---|--------|
| Raíz fuerte y profunda | | | | | |
| Ramas extendidas/ copa en forma de sombrilla | | | | | |
| Hojas pequeñas | | | | | |
| Hojas todo el año | | | | | |
| Ramas y tallos no quebradizos (resistencia a vientos) | | | | | |
| Rápido crecimiento y desarrollo | | | | | |
| Tolerancia a la poda | | | | | |
| Capacidad de rebrote | | | | | |
| No susceptible a plagas ni enfermedades | | | | | |
| Producir otras utilidades | | | | | |
| Buena adaptación a la zona | | | | | |

*Ord de imp=Orden de importancia: Alta=3; Media=2; Baja=1; Nula=0

¿Por qué X característica deseable es la característica más importante?

APÉNDICE 2. FICHA CARACTERIZACIÓN DE LA SOMBRA

Fecha: ___/___/___ Productor (a):
 _____ Localidad: _____

| | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------------------|---|---|---|----------|---------------|-------------------|-------------------------------|
| 1. Localización (Ubicación y descripción de finca: superficie, tipo de suelo, pendiente, altitud) | | | | | | | | | |
| 2. Tipo de sistema según la clasificación de Nolasco (1985), modificada por Moguel y Toledo (1999). | | | | | | | | | |
| 3. Diversidad de árboles de sombra. Estratos de sombra, altura y especies en cada estrato: | | | | | | | | | |
| 4. Arreglo de los árboles de sombra en el cafetal. | | | | | | | | | |
| 5. Densidad promedio de árboles de sombra y plantas de café. (Dependiendo de las condiciones del sitio, si el arreglo de los árboles de sombra es irregular se toma una lectura de distancias entre 10 arboles para obtener la densidad promedio). | | | | | | | | | |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%; border: none;">DIST /ÁRBOLES</td> <td style="width: 25%; border: none;">DIST/PLANTAS CAFÉ</td> <td style="width: 50%; border: none;">ALTURA DE PLs CAFÉ x variedad</td> </tr> </table> | | | | | | | DIST /ÁRBOLES | DIST/PLANTAS CAFÉ | ALTURA DE PLs CAFÉ x variedad |
| DIST /ÁRBOLES | DIST/PLANTAS CAFÉ | ALTURA DE PLs CAFÉ x variedad | | | | | | | |
| 6. % Cobertura de sombra densiómetro esférico (Lemmon, 1957) | Puntos 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | promedio | | | |
| 7. Observaciones | | | | | | | | | |

APÉNDICE 3. GUÍA DE TALLER PARTICIPATIVO: ÁRBOLES DE SOMBRA EN IXHUATÁN Y TAPALAPA, CHIAPAS. MAYO, 2001.

Primer día

1. Presentación del Taller
2. Presentación de los participantes. Dinámica: Cada productor selecciona el nombre de un árbol para sombra de café como seudónimo durante el taller.
3. Antecedentes del cultivo de café con sombra en Ixhuatán/Tapalapa. Lluvia de ideas.
4. Diferencias entre cultivo de café con sombra y cultivo del café sin sombra. Intercambio de experiencias.
5. Funciones y utilidades de los árboles de sombra. Trabajo en equipos y presentación.
6. Selección de árboles de sombra. ¿Cómo se selecciona un buen árbol para sombra?. Lluvia de ideas.

Segundo día

7. Práctica de caracterización de árboles para sombra en campo. Visitas a cafetales. Descripción de atributos deseables en las especies. Trabajo en equipo.
8. Resumen de criterios de selección.
9. Lista de árboles para sombra.
10. Conclusión.

APÉNDICE 4. FICHA DE COLECTA BOTÁNICA.

PLANTAS DEL SURESTE DE MEXICO

EL COLEGIO DE LA FRONTERA SUR (ECOSUR)

(Plantas para sombra de café)

Icacinaceae

Cacaté kukiaka

Oecopetalum mexicanum Greenm et Thomps

Árbol 10 m; 25 cm dap; corteza semilisa café gris, no exuda, hojas simples alter lustro-
cerosas verde oscuro, +claro envés. Flores blancas muy pequeñas en racimos, frutos
capsoides de color café oscuro a negros con nuez, cáscara dura (tomados del suelo).

Estado: Chiapas Mpio. Tapalapa; 2 km SE de Cab Tapalapa. Cafetal Teófilo Díaz;
Lat. N; Long. O; Alt. 1570 m

Permanente

Asociado a cafetal diversificado

Col. Cristina Yépez Pacheco No. 2 Fecha: 02/04/01

Det. Cristina Yépez Pacheco

Colecta realizada con el apoyo de CATIE, C.R. y PRONATURA Chiapas, México

APÉNDICE 5. FAMILIAS BOTÁNICAS Y RIQUEZA DE ESPECIES. ÁRBOLES DE SOMBRA EN IXHUATÁN Y TAPALAPA CHIAPAS, MÉXICO, 2001.

| IXHUATÁN | | TAPALAPA | |
|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| FAMILIAS | No. DE ESPECIES | FAMILIAS | No. DE ESPECIES |
| Actinidiaceae | 1 | Actinidiaceae | 1 |
| Anacardiaceae | 3 | Anacardiaceae | 1 |
| Annonaceae | 3 | Annonaceae | 1 |
| Araliaceae | 1 | Caprifoleaceae | 1 |
| Bombacaceae | 2 | Compositae | 3 |
| Boraginaceae | 3 | Euphorbiaceae | 1 |
| Burceraceae | 1 | Fagaceae | 1 |
| Cochlospermaceae | 1 | Icacinaceae | 1 |
| Compositae | 1 | Lauraceae | 11 |
| Icacinaceae | 2 | Leguminosa | 6 |
| Lauraceae | 11 | Meliaceae | 2 |
| Leguminosae | 21 | Moraceae | 3 |
| Malpighiaceae | 1 | Myrtaceae | 3 |
| Meliaceae | 4 | Rhamnaceae | 1 |
| Moraceae | 5 | Rosaceae | 4 |
| Myrtaceae | 4 | Rutaceae | 4 |
| Ochnaceae | 2 | Sapotaceae | 1 |
| Rhamnaceae | 1 | Solanaceae | 1 |
| Rubiaceae | 3 | Tiliaceae | 1 |
| Rutaceae | 3 | Ulmaceae | 2 |
| Sapotaceae | 3 | SD* | 1 |
| Simaroubaceae | 1 | | |
| Solanaceae | 1 | | |
| Sterculaceae | 1 | | |
| Symplocaceae | 1 | | |
| Tiliaceae | 1 | | |
| Ulmaceae | 2 | | |
| Verbenaceae | 1 | | |
| SD* | 1 | | |
| 28 familias | 85 especies | 20 familias | 50 especies |

*SD: Sin determinar.

APÉNDICE 6. Árboles para sombra de café en Ixhuatán, Chiapas, México, 2001.

| | Nombre común (Español) | Nombre científico | Familia | Origen ^a | Tipo de sombra ^b | Estrato ^c | Otros usos locales | | | | comercial |
|----|---------------------------------------|--|---------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|--------------|------|--------|-----------|
| | | | | | | | muebles | construcción | leña | frutos | |
| 1 | Aguacate | <i>Persca americana</i> L. | Lauraceae | N | P | EA | | x | x | x | x |
| 2 | Amate | <i>Ficus glabrata</i> H.B.K. | Moraceae | N | P | EA | | | x | | |
| 3 | Anonilla | <i>Rollinia roussoniana</i> Standl. | Annonaceae | N | P | EB | | | x | x | |
| 4 | Bojón | <i>Cordia alliodora</i> (R. & P.) Oken | Boraginaceae | N | P | EA | x | | x | | x |
| 5 | Bojón candelero | <i>Cordia</i> sp. | Boraginaceae | N | P | EA | x | | x | | x |
| 6 | Cabello de angel | <i>Pseudobombax ellipticum</i> (H.B.K.) Dugan | Bombacaceae | N | P | EA | | | | | |
| 7 | Cacaté criollo o cimarrón o de agosto | <i>Ocoteptalum gymnananthum</i> Standley | Icacinaceae | N | P | EM | x | | x | | x |
| 8 | Cacaté cuarentano o cuaresmeño | <i>Ocoteptalum mexicanum</i> Greenm. & Thoms. | Icacinaceae | N | P | EM | x | | x | | x |
| 9 | Cachimbo | <i>Platymiscium yucatanum</i> Standl. | Leguminosae | N | P | EA | x | | x | | x |
| 10 | Candelero | <i>Cordia</i> sp. | Boraginaceae | N | P | EA | | | x | | x |
| 11 | Canela | <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees. | Lauraceae | I | P | EM | | | x | | x |
| 12 | Canisté | <i>Pouteria campechiana</i> H.B.K. Baelmi | Sapotáceae | N | P | EM | | | x | | x |
| 13 | Caoba | <i>Swietenia macrophylla</i> G. King | Meliaceae | N | P | EM | x | | | | x |
| 14 | Capulín de puercu | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | Ulmaceae | N | P | EM | | x | | | |
| 15 | Castaño | <i>Sterculia mexicana</i> R. Br. | Sterculiaceae | N | P | EA | | | x | | x |
| 16 | Castarrica | <i>Alibertia edulis</i> (L. Rich) A. Rich ex DC. | Rubiaceae | N | P | EM | x | | x | | |
| 17 | Cedro | <i>Cedrela mexicana</i> M. Roem. | Meliaceae | N | P | EM | x | | x | | x |
| 18 | Chacahuanté peludo | <i>Simira salvadorensis</i> Standley | Rubiaceae | N | P | EA | x | | x | | |
| 19 | Chacahuanté sin pelo | <i>Simira</i> sp. | Rubiaceae | N | P | EA | x | | x | | |
| 20 | Charamusco | <i>Lysitima divaricata</i> (Jacq.) Macbr. | Leguminosae | N | P | EA | | | x | | |
| 21 | Chelal | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | Leguminosae | N | P | EM | | | x | | |
| 22 | Chelal blanco | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | Leguminosae | N | P | EM | | | x | | |
| 23 | Chelal colorado | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | Leguminosae | N | P | EM | | | x | | |
| 24 | Chelal de hoja menuda | <i>Inga</i> sp. | Leguminosae | N | P | EM | | | x | | |
| 25 | Chelal peludo | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | Leguminosae | N | P | EM | | | x | | |
| 26 | Chilillo | <i>Picramnia</i> sp. | Simaroubaceae | N | P | EA | x | | x | | x |
| 27 | Chincuya | <i>Ammonia purpurea</i> M.&S. Ex Dunnl | Annonaceae | N | P | EA | | | x | | x |
| 28 | Chinin bola | <i>Persca schiediana</i> Nees. | Lauraceae | N | P | EA | x | | x | | x |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|------------------------------------|---|------------------|---|---|----|---|---|--|---|---|---|
| 59 | Machetón o chelel machetón | <i>Juga paterno</i> Harms. | Leguminosae | N | P | EM | | | | X | X | |
| 60 | Machetón cimarrón o chelel huatope | <i>Juga</i> sp. | Leguminosae | N | P | EM | | | | X | X | |
| 61 | Madre o madreado | <i>Erythrina</i> sp. | Leguminosae | N | P | EB | | | | X | | |
| 62 | Majagua azul | <i>Hectocarpus appendiculatus</i> Turcz. | Tiliaceae | N | P | EM | | | | X | | |
| 63 | Malacate | <i>Lasiantha fruticosa</i> (L.) K. M. Becker | Compositae | N | P | EA | | | | X | | |
| 64 | Mango | <i>Mangifera indica</i> L. | Anacardiaceae | I | P | EM | | | | X | X | |
| 65 | Molinillo | <i>Quararibea funebris</i> (Linne) Vischer | Bombacaceae | N | P | EA | X | | | X | | X |
| 66 | Nance | <i>Byrsotria crassifolia</i> (L.) H.B.K. | Malpighiaceae | N | P | EB | | | | X | X | |
| 67 | Naranja | <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck | Rutaceae | I | P | EB | | | | X | X | |
| 68 | Paju de agua | <i>Symplocos pycnantha</i> Hensl. | Symplocaceae | N | P | EM | | | | X | | |
| 69 | Palo de osh | <i>Brosimum alicastrum</i> Sw. | Moraceae | N | P | EA | X | | | X | X | X |
| 70 | Palo mulato | <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. | Burseraceae | N | P | EM | | | | X | | |
| 71 | Pangajey | <i>Cornutia</i> sp. | Verbenaceae | N | P | EA | | | | X | | |
| 72 | Paraiso | <i>Melia azadirach</i> L. | Meliaceae | I | P | EM | | | | X | | |
| 73 | Pimienta | <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. | Myrtaceae | N | P | EM | X | | | X | X | X |
| 74 | Pochote | <i>Cochlospermum vitifolium</i> Willd. ex Spreng. | Cochlospermaceae | N | P | EA | | | | X | | |
| 75 | Pogón | <i>Ficus</i> sp. | Moraceae | N | P | EA | | | | X | | |
| 76 | Pomarrosa | <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston | Myrtaceae | N | P | EM | | | | X | X | X |
| 77 | Quebracho | <i>Quiraca</i> sp. | Ochnaceae | N | P | EA | | | | X | | |
| 78 | Ramón | <i>Brosimum</i> sp. Gomez-Pompa | Moraceae | N | P | EA | | | | X | | |
| 79 | Shoni | <i>Saurauia belicensis</i> Lund. | Actinidiaceae | N | P | EA | | | | X | X | |
| 80 | Suc | <i>Lysitoma kellerianii</i> Br. et R. | Leguminosae | N | P | EA | X | | | X | | |
| 81 | Tabaquillo | <i>Lippia myrioccephala</i> Schl. & Cham. | Verbenaceae | N | P | EA | | | | X | | |
| 82 | Tapascuero | <i>Ulmus mexicana</i> Liebm. | Ulmaceae | N | P | EM | | X | | X | | |
| 83 | Tatuán | <i>Colubrina</i> sp. | Rhamnaceae | N | P | EA | X | | | X | | X |
| 84 | Zapote mamey | <i>Pauteira sapota</i> (Jacq.) H. E. Moore & Stearn | Sapotaceae | N | P | EA | | | | X | X | |
| 85 | Zapotillo | SD | SD | N | P | EM | X | | | X | | |

^a Origen: N:nativo; I:introducido

^b Tipo de sombra: P:permanente; T:temporal

^c Estrato: EA:Estrato alto (>15 m); EM:Estrato medio (12-15 m); EB:Estrato bajo (<12 m)

*SD: Especie sin determinar

APÉNDICE 7. Árboles para sombra de café en Tapalapa, Chiapas, México. 2001.

| No. | Nombre común (Español) | Nombre común (Zoque) | Nombre científico | Familia | Origen ^a | Tipo de sombra ^b | Estrato ^c | Otros usos locales | | | | Comercial |
|-----|------------------------|----------------------|---|-------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|--------------|------|--------|-----------|
| | | | | | | | | muebles | construcción | leña | frutos | |
| 1 | Aguacate | Owi | <i>Persea americana</i> L. | Lauraceae | N | P | EA | | x | x | x | x |
| 2 | Aguacate menudo | Nami-owi | <i>Persea americana</i> L. | Lauraceae | N | P | EA | | x | x | x | x |
| 3 | Aguacate morado | Chukin-owi | <i>Persea americana</i> L. | Lauraceae | N | P | EA | | x | x | x | x |
| 4 | Aguacate verde | Tsuch-owi | <i>Persea americana</i> L. | Lauraceae | N | P | EA | | | | x | x |
| 5 | Anona | Yadi | <i>Annona scleroderma</i> Safford | Annonaceae | N | P | EB | | | x | | |
| 6 | Árbol de río | Takikujy | <i>Prunus lindelliana</i> St. | Rosaceae | N | P | EB | | x | x | x | |
| 7 | Árbol de río | Nök-kyujy | <i>Ficus</i> sp. | Moraceae | N | P | EB | | | x | | |
| 8 | Cacaté | Kukiaka | <i>Ocoteptalum mexicanum</i> Greenm et Thonpps. | Icacinaceae | N | P | EM | | x | x | x | x |
| 9 | Capulín | Jupkujy, Jukujy | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume var. floridana (Britton) Standley & Siyem | Ulmaceae | N | P | EM | | | x | | |
| 10 | Cedro | Akujy | <i>Cedrela salvadorensis</i> Standl | Meliaceae | N | P | EA | | x | | | x |
| 11 | Chelel | I'ki | <i>Inga latibaccata</i> Harms. | Leguminosae | N | P | EM | | x | | | |
| 12 | Chihin alargado | Ko'yon | <i>Persea schiedeana</i> Nees. | Lauraceae | N | P | EA | | x | x | x | |
| 13 | Chihin bolita | Tsay-owi | <i>Persea schiedeana</i> Nees. | Lauraceae | N | P | EA | | x | x | x | x |
| 14 | Chishkujy blanco | Tsishkujy pobobó | <i>Veronia</i> sp. | Compositae | N | T | EB | | | x | | |
| 15 | Chishkujy morado | Tsishkujy chukimbó | <i>Veronia</i> sp. | Compositae | N | T | EB | | | x | | |
| 16 | Cinco negritos | Jöch-kujy | <i>Rhamnus capraefolia</i> var. grandifolia M.C. & L.A. Johnston | Rhamnaceae | N | P | EB | | | x | x | |
| 17 | Durazno | Tunas | <i>Prunus persica</i> (L.) Stokes | Rosaceae | I | P | EB | | | x | x | x |
| 18 | Erythrina | Tsen-nisen | <i>Erythrina chiapasana</i> Kruloff | Leguminosae | N | P | EB | | | | | |
| 19 | Guachipilín, Horcón | Tsusujy | <i>Diphysa robinoides</i> Benth | Leguminosae | N | P | EM | | x | | | x |
| 20 | Guayaba agria | Kach-padangh | <i>Psidium molle</i> Bertol. | Myrtaceae | N | P | EB | | | x | | x |
| 21 | Guayaba dulce | Sun-byadangh | <i>Psidium guajava</i> L. | Myrtaceae | N | P | EB | | x | | | x |
| 22 | Horca palo | Jitsij | <i>Coussapea aff. purpusii</i> Standley | Moraceae | N | P | EA | | | | | |
| 23 | Laurel | Pöa-joko | SD* | Lauraceae | N | P | EA | | x | | | |
| 24 | Laurel | Puch-joko | SD | Lauraceae | N | P | EA | | x | | | |
| 25 | Laurel | Tin-joko | SD | Lauraceae | N | P | EA | | x | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------|---------------|----|--|----------------|---|---|----|--|--|--|--|---|
| 26 | Laurel | Jokokujy | SD | | Lauraceae | N | P | EA | | | | | |
| 27 | Laurel de hoja chica | Nómó-joko | SD | | Lauraceae | N | P | EA | | | | | |
| 28 | Lima | Lima | | <i>Citrus limetta</i> Risso. | Rutaceae | I | P | EB | | | | | |
| 29 | Limón | Limón | | <i>Citrus aurantifolia</i> (Christm) Swingle | Rutaceae | I | P | EB | | | | | |
| 30 | Majauga blanco | An-byoa | | <i>Heliocarpus domnei-smithii</i> Rose | Tiliaceae | N | P | EM | | | | | X |
| 31 | Majauga de sangre | Nóbin-byoa | | <i>Croton draco</i> Schlecht. | Euphorbiaceae | N | P | EM | | | | | X |
| 32 | Mango | Mango | | <i>Mangifera indica</i> L. | Anacardiaceae | I | P | EM | | | | | X |
| 33 | Manzanita | Mansanico | | <i>Craibegus pubescens</i> (H.B.K.) | Rosaceae | N | P | EB | | | | | X |
| 34 | Matasano | Tsót-nguy | | <i>Casimiroa edulis</i> Llave & Lex. | Rutaceae | N | P | EA | | | | | X |
| 35 | Mocoso, Palo de Moco | So'ny o Tsomi | | <i>Saurauia villosa</i> DC. | Actinidiaceae | N | P | EM | | | | | X |
| 36 | Mora | Kat-tyodo | | <i>Morus celtifolia</i> H.B.K. | Moraceae | N | P | EM | | | | | X |
| 37 | Naranja dulce | China | | <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck | Rutaceae | I | P | EB | | | | | X |
| 38 | Nispero | Vispero | | <i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindley | Rosaceae | I | P | EB | | | | | X |
| 39 | Palo grueso | Tsuskujy | | <i>Trichilia aff. hirta</i> L. | Meliaceae | N | P | EM | | | | | X |
| 40 | Palo de Sauco | Okokujy | | <i>Sambucus canadensis</i> L. Fillet. | Caprifoliaceae | N | P | EB | | | | | |
| 41 | Pomarrosa | Pomarrosa | | <i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston | Myrtaceae | N | P | EM | | | | | X |
| 42 | Roble blanco | Pop-kamay | | <i>Quercus caudicans</i> Nee. | Fagaceae | N | P | EM | | | | | X |
| 43 | Silit o Tzilit | Tsiskujy | | <i>Fernonia</i> sp. | Compositae | N | T | EB | | | | | |
| 44 | Tabaquillo | Ay-otzi | | <i>Solanum</i> sp. | Solanaceae | N | T | EB | | | | | |
| 45 | Tabaquillo | Jódó | | SD | | N | P | EB | | | | | |
| 46 | Tapascuero | Tsapsnaka | | <i>Ulmus mexicana</i> Liebm. | Ulmaceae | N | P | EM | | | | | |
| 47 | Timbre | Pak-paka | | <i>Leucaena glauca</i> L. (Benth.) | Leguminosae | N | T | EB | | | | | |
| 48 | Timbre hoja ancha | Kinóbi | | <i>Calliandra</i> sp. | Leguminosae | N | T | EB | | | | | X |
| 49 | Zapote | Taky-sapne | | <i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Sleam. | Sapotaceae | N | P | EA | | | | | X |
| 50 | Sin nombre | Sin nombre | | <i>Senna</i> sp. | Leguminosae | N | P | EM | | | | | X |

^a Origen. N:nativo, I:introducido

^b Tipo de sombra. P:permanente; T:temporal

^c Estrato. EA:Estrato alto (> 15 m); EM:Estrato medio (9-12 m); EB:Estrato bajo (<10 m)

*SD: Especie sin determinar.

APÉNDICE 8. Índices de atributos deseables (IA) para selección de árboles de sombra en Ixhuatán y Tapalapa, Chiapas. México, 2001.

| CARACTERÍSTICAS | ATRIBUTOS DESEABLES | LITERATURA | IXHUATÁN | IA | TAPALAPA | IA |
|--|--|------------|----------|-----|----------|-----|
| Características de la copa | | | | | | |
| Forma de copa | Copa abierta o rala (sombra ligera y difusa) | x | x | 0.9 | x | 3.0 |
| | Copa en forma de paraguas o sombrilla (extendida y estratificada) | x | x | 2.4 | x | 3.0 |
| Frondosidad de copa | Conservación del follaje durante todo el año | x | x | 1.2 | x | 2.0 |
| | Producir mucho follaje (frondoso) | x | x | 3.0 | x | 3.0 |
| | En zonas secas, perder hojas en época seca para disminuir el consumo de agua | x | | | | |
| | En árboles deciduos, regeneración rápida de nuevas hojas | x | | | | |
| Altura de copa | Copa de altura media a alta | | x | 0.6 | x | 2.4 |
| Diámetro de copa | Copa angosta | x | | | | |
| Tipo de ramas | Ramas libres de espinas | x | | | | |
| | Ramas no quebradizas | x | x | 1.2 | x | 1.8 |
| | Ramas abundantes | | | | x | 0.9 |
| Tipo de hojas | Hojas pequeñas que filtren el sol y la lluvia | x | | | | |
| | Hojas medianas (8-15 cm de ancho) | | | | | |
| | Hojas que se descomponen fácilmente | x | x | 0.6 | x | 0.9 |
| | Hojas gruesas | | | | x | 1.2 |
| | No tener hojas con tamaño muy grande o estructura en forma de gancho cuyas láminas al caer se depositen en las plantas de café | | x | 1.5 | x | 1.5 |
| Características del fuste | | | | | | |
| Forma del fuste | Fuste libre de espinas (para evitar daño a los trabajadores y facilitar podas) | x | | | x | 0.3 |
| Altura del fuste | Fuste mediano | x | | | | |
| | No crecer a tamaños gigantes | x | | | x | 0.3 |
| Vigor del fuste | Tallos no quebradizos (resistencia a vientos) | x | x | 0.6 | x | 2.4 |
| Corteza | Corteza lisa que no permita hospedar epifitas | x | | | | |
| Características del sistema radicular | | | | | | |
| Profundidad de la raíz | Sistema radicular profundo | x | x | 3.0 | x | 3.0 |
| Vigor de la raíz | Sistema radicular fuerte | x | x | 2.4 | | |
| Competencia radicular con café | Sistema radicular no competitivo | x | | | x | 3.0 |

| Características de sanidad | | | | | | |
|---|---|---|---|------|---|------|
| Susceptibilidad a plagas y enfermedades | No susceptible a plagas ni enfermedades | x | x | 3.0 | x | 3.0 |
| | Ausencia de susceptibilidad a insectos que provoquen una defoliación súbita | x | x | 3.0 | x | 3.0 |
| Hospedero de plagas y enfermedades | No hospedero de plagas ni enfermedades que afecten al café | x | | | | |
| Características de manejo | | | | | | |
| Propagación | Fáciles de reproducir | x | | | | |
| | Habilidad de regeneración natural | | | | x | 1.5 |
| | Habilidad de propagación vegetativa | x | | | | |
| Establecimiento | No tener la capacidad de reproducirse como maleza agresiva | x | x | 0.6 | | |
| | Fácil establecimiento | x | | | | |
| Crecimiento | Rápido crecimiento y desarrollo | x | x | 0.8 | x | 0.7 |
| | Si es sombra permanente, tener vida larga | x | | | | |
| Poda | Tolerancia a la poda | x | x | 0.5 | x | 1.0 |
| | Autopoda | x | | | | |
| | Capacidad de rebrote (retoñar) | x | x | 0.02 | x | 0.02 |
| Plasticidad fisiológica | Tolerancia al estrés ambiental | x | | | x | 3.0 |
| | Adaptación a la zona de producción (climas cafetaleros) | x | x | 2.4 | x | 3.0 |
| Características de compatibilidad con el cultivo | | | | | | |
| Competencia | Compite poco con café por nutrientes y agua | x | | | | |
| | Capacidad para extraer nutrientes que el cultivo no pueda tomar | x | | | | |
| Alelopatía | Ausencia de efectos alelopáticos (tóxicos) para el café | x | x | 0.6 | x | 2.4 |
| Características de servicio | | | | | | |
| Servicios | Ofrecer otros servicios además de la sombra | x | x | 2.4 | x | 2.7 |
| Microclima | Mejora el ambiente para café | x | | | | |
| Aportación de materia orgánica | Alta producción de biomasa | x | | | | |
| | Alta calidad de biomasa | x | | | | |
| | Incorporación de materia orgánica al suelo a través de la aportación de hojas | x | x | 3.0 | x | 3.0 |
| Fijación de Nitrógeno (N) | Fijación de N del aire | x | | | x | 0.6 |
| | Altas tasas de fijación de N | x | | | | |
| Conservación de la biodiversidad | Fomenta el control biológico | x | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------------------|---|---|---|------|---|-----|
| | Provee hábitat para aves | X | X | 0.02 | | |
| | Provee recursos alimenticios para animales silvestres | | X | 0.9 | X | 0.6 |
| Conservación de suelos | Fomenta conservación y fertilidad de suelos | X | | | | |
| Control de hierbas | Ayuda al control de hierbas | X | X | 1.5 | X | 1.5 |
| Características de productos | | | | | | |
| Productos | Ofrecer productos como leña, madera, frutas, etc. | X | X | 2.4 | X | 2.7 |
| Madera | Rápido crecimiento apical | X | | | | |
| | Diámetro de copa pequeño | X | | | | |
| | Fuste recto (no bifurcado) | X | | | | |
| | Buenos rendimientos | X | | | | |
| | Calidad de la madera | X | | | | |
| Leña | Rápido crecimiento | X | | | | |
| | Habilidad de rebrote | X | | | | |
| | Tolerancia a podas fuertes y repetidas | X | | | | |
| | Capacidad calórica | X | | | | |
| | Poco humo, no olores | X | | | | |
| | Buenos rendimientos | X | | | | |
| Frutos | Buenos rendimientos | X | | | | |

APÉNDICE 9. Evaluación del potencial para sombra (PES) de acuerdo con la calificación obtenida en cada grupo de características (IC) de las especies arbóreas utilizadas en Ixhuatán, Chiapas, México, 2001.

| Nombre común (Español) | Nombre científico | Copa 1.4 | Fuste 0.60 | Raíz 2.7 | Sanidad 3.0 | Manejo 0.90 | Compatibilidad 0.60 | Servicios 1.6 | Productos 2.4 | Evaluación PES* | Clasificación local** |
|---|---|----------|------------|----------|-------------|-------------|---------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------------|
| 1 Aguacate | <i>Persea americana</i> L. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 2 |
| 2 Amate | <i>Ficus glabrata</i> H.B.K. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 3 |
| 3 Anonilla | <i>Rollinia rousaiana</i> Standl. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 2 |
| 4 Bojón | <i>Cordia alliodora</i> (R. & P.) Oken | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 3 |
| 5 Bojón candelero | <i>Cordia</i> sp. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1-2 |
| 6 Cabello de angel | <i>Pseudobombax ellipticum</i> (H.B.K.) Dugan | | 0.60 | | | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 6.1 | 3 |
| 7 Cacaté criollo o cimarrón o de agosto | <i>Oecopetalum greenmannianum</i> Standley | | 0.60 | | | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 6.1 | 2 |
| 8 Cacaté cuarentano o cuaresmeño | <i>Oecopetalum mexicanum</i> Greenm. & Thoms. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 2 |
| 9 Cachimbo | <i>Platymischum yucatanum</i> Standl. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 2 |
| 10 Candelero | <i>Cordia</i> sp. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 11 Canela | <i>Cinnamomum zeylanicum</i> Nees. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 12 Canisté | <i>Pouteria campechiana</i> H.B.K. Baehni | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 3 |
| 13 Caoba | <i>Swietenia macrophylla</i> G. King | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1 |
| 14 Capulín de puerco | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 3 |
| 15 Castaño | <i>Sterculia mexicana</i> R. Br. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 2 |
| 16 Castañica | <i>Mibertia edulis</i> (L. Rich) A. Rich ex DC. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 3 |
| 17 Cedro | <i>Cedrela mexicana</i> M. Roem. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1 |
| 18 Chacahuanté peludo | <i>Smitra salvadorensis</i> Standley | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1 |
| 19 Chacahuanté sin pelo | <i>Smitra</i> sp. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1 |
| 20 Charamusco | <i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) Muebr. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 3 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|--------------------------------|--|-----|------|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-----|
| 21 | Chelel | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 1 |
| 22 | Chelel blanco | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.2 | 1 |
| 23 | Chelel colorado | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.2 | 1 |
| 24 | Chelel de hoja menuda | <i>Inga</i> sp. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 1 |
| 25 | Chelel peludo | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1 |
| 26 | Chillilo | <i>Pteranitia</i> sp. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 27 | Chincuya | <i>Amnora purpurea</i> M.&S. Ex Dunal | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 2 |
| 28 | Chinin bola | <i>Pearsea schiediana</i> Nees. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 1 |
| 29 | Chinin largo | <i>Pearsea schiediana</i> Nees. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 1 |
| 30 | Chipicolte | <i>Diphysa</i> sp. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 1 |
| 31 | Cocote | <i>Cibricida septium</i> (Jacq.) Steudel | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1 |
| 32 | Cola de pava | <i>Ouraea</i> sp. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 33 | Coshigue, Choshihue o Vomitivo | <i>Trichilia havanensis</i> Jacq. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 34 | Cueajinculí | <i>Inga punctata</i> Willd. | 1.4 | 0.60 | 2.7 | 3.0 | 0.90 | 0.6 | 1.6 | 2.4 | 13.2 | 1 |
| 35 | Damenoche | <i>Cestrum</i> sp. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 3 |
| 36 | Fiamboyan o Framboyán | <i>Defonix regia</i> (Boger) Raf. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 1 |
| 37 | Frijolillo | <i>Pithecellobium arboreum</i> (L.) Urban | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 1 |
| 38 | Frijolillo blanco | <i>Pithecellobium</i> sp. Gilly & Hernandez X. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 3 |
| 39 | Frijolillo colorado | <i>Pithecellobium</i> sp. Gilly & Hernandez X. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 40 | Guanábana | <i>Amnora muricata</i> L. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1-2 |
| 41 | Guarumbo o Huarumbo | <i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 42 | Guayaba agria | <i>Psidium molle</i> Bertol. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 43 | Guayaba dulce | <i>Psidium guajava</i> L. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 3 |
| 44 | Gusano | <i>Lonechocarpus</i> sp. | | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 9.1 | 1-2 |
| 45 | Gusano prieto | <i>Lonechocarpus</i> sp. | 1.4 | 0.60 | | 3.0 | 0.90 | 0.60 | 1.6 | 2.4 | 10.5 | 3 |

APÉNDICE 10 . Evaluación del potencial para sombra (PES) de acuerdo con la calificación obtenida en cada grupo de características (IC) de las especies arbóreas utilizadas en Tapalapa, Chiapas, México, 2001.

| Nombre común (Español) | Nombre común (Zoque) | Nombre científico | Copa 1.9 | Fuste 1.0 | Raíz 3.0 | Sanidad 3.0 | Manejo 1.6 | Compatibilidad 2.4 | Servicios 1.7 | Productos 2.7 | Evaluación PES* | Clasificación local** |
|------------------------|----------------------|---|----------|-----------|----------|-------------|------------|--------------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------------|
| 1 Aguacate | Owi | <i>Persea americana</i> L. | 1.9 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 17.3 | 1 |
| 2 Aguacate menudo | Nami-owi | <i>Persea americana</i> L. | 1.9 | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 1 |
| 3 Aguacate morado | Chukin-owi | <i>Persea americana</i> L. | 1.9 | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 1 |
| 4 Aguacate verde | Tsuch-owi | <i>Persea americana</i> L. | 1.9 | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 1 |
| 5 Anona | Yadi | <i>Annona scleroderma</i> Safford | | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 12.4 | 2 |
| 6 Árbol de río | Takikujy | <i>Prunus tindehiana</i> St. | | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 12.4 | 2 |
| 7 Árbol de río | Nök-kyujy | <i>Ficus</i> sp. | | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 12.4 | 2 |
| 8 Cacaté | Kuktaka | <i>Ocoteptalum mexicanum</i> Greenm et Thomps. | 1.9 | 1.0 | | | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 11.3 | 2 |
| 9 Capulín | Jupkujy, Jukujy | <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume var. <i>floridana</i> (Britton) Standley & Steyer | | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 12.4 | 3 |
| 10 Cedro | Akujy | <i>Cedrela salvadorensis</i> Standl | 1.9 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 17.3 | 3 |
| 11 Chelel | I'ki | <i>Inga latibracteata</i> Harms. | 1.9 | 1.0 | 3.0 | | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 1 |
| 12 Chihin alargado | Ko yon | <i>Persea schiedeana</i> Nees. | 1.9 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 17.3 | 2 |
| 13 Chihin bolita | Tsay-owi | <i>Persea schiedeana</i> Nees. | 1.9 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 17.3 | 2 |
| 14 Chishkujy blanco | Tsishkujy pobobö | <i>Fernonia</i> sp. | 1.9 | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 3 |
| 15 Chishkujy morado | Tsishkujy chukimbö | <i>Fernonia</i> sp. | 1.9 | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 3 |
| 16 Cinco negritos | Joch-kujy | <i>Rhamnus caprecifolia</i> var. <i>grandifolia</i> M.C. & L.A. Johnston | 1.9 | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 2 |
| 17 Durazno | Tunas | <i>Prunus persica</i> (L.) Stokes | 1.9 | | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 13.3 | 3 |
| 18 Erythrina | Tseen-ntsen | <i>Erythrina chitapanana</i> Krukoff | | | | 3.0 | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 9.0 | 3 |
| 19 Guachipilín, Horeón | Tsusukujy | <i>Diphysa rabinioides</i> Benth | 1.9 | 1.0 | 3.0 | | 1.6 | 2.4 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 1 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------|------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|---|
| 46 | Tapascuero | Tsapsnaka | <i>Ulmus mexicana</i> Liebm. | | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 1.7 | 2.7 | 10.0 | 3 |
| 47 | Timbre | Pak-paka | <i>Leucaena glauca</i> L. (Benth.) | 1.9 | 1.0 | 3.0 | | 1.6 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 2 |
| 48 | Timbre hoja ancha | Kiriñobi | <i>Calliandra</i> sp. | 1.9 | 1.0 | 3.0 | | 1.6 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 1 |
| 49 | Zapote | Taky-sapne | <i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn. | 1.9 | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 1.7 | 2.7 | 14.3 | 1 |
| 50 | Sin nombre | Sin nombre | <i>Senna</i> sp. | | 1.0 | | 3.0 | 1.6 | 1.7 | 2.7 | 12.4 | 3 |

* Evaluación del potencial de especies para sombra, basada en índices de atributos (IA) e índices de cluster (IC).

**Clasificación como árbol de sombra. 1:primera; 2:segunda; 3:tercera (según clasificación de los productores de Tapalapa durante talleres participativos).

NB. Las casillas vacías en esta tabla significan que la especie no cumple con ningún atributo deseable en ese cluster, según la información obtenida.
SD: Especie sin determinar.

Cristina Yépez Pacheco
5ª calle poniente y 6ª avenida norte s/n.
CP 30840. Cd. Hidalgo, Chiapas. México
Tel. (962) 698 0226
crisyeppez@hotmail.com