CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION

ESCUELA DE POSGRADUADOS

CATIE
17 SEP 2002
RECIBIDO
Turrialba, Costa Rica

ÁRBOLES NATIVOS PARA DIVERSIFICAR CAFETALES EN LA ZONA ATLÁNTICA DE COSTA RICA

POR

MILDRED LINKIMER ABARCA

Turrialba, Costa Rica
2001

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN

ESCUELA DE POSGRADUADOS

Biblioteca Conmemorativa
ORTON - CATIE
17 SEP 2002
RECIBIDO
Turrialba, Costa Rica

ÁRBOLES NATIVOS PARA DIVERSIFICAR CAFETALES EN LA ZONA ATLÁNTICA DE COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgraduados, 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:

Magíster Scientiae

Por

Mildred Linkimer Abarca

Turrialba, Costa Rica
2001

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:

Reinhold Muschler, Ph.D.
Consejero Principal

Tamara Benjamin, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Celia Harvey, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Ali Moslemi, Ph.D.
Director Escuela de Posgrado

Mildred Linkimer Abarca
Candidato

DEDICATORIA

A Dios
y a mi esposo, Heiner

AGRADECIMIENTOS

A la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ), por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de maestría.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza por permitirme ingresar en su programa de estudios de maestría, para desempeñarme mejor en mi vida profesional.

Al Dr. Reinhold Muschler por todo su apoyo y enseñanzas recibidas en mi formación académica y por su orientación y dirección durante mi proyecto de investigación.

A la Dra. Celia Harvey y la Dra. Tamara Benjamin, miembros de mi comité consejero, por su exelente asesoramiento y sobre todo por las sugerencias brindadas para mejorar la presente investigación.

Al Dr. Gilberto Páez quien me motivó para ingresar al programa de maestría del CATIE.

Al Ing. Gustavo Calvo por su confianza al recomendarme en la GTZ.

A los Ingenieros Guillermo Ramírez y Martín Hidalgo del Instituto del Café de Costa Rica y al Ing. Guillermo Pereira de Coopesuiza R.L., por la ayuda brindada durante mi trabajo de campo.

A todo el personal administrativo y académico de la Escuela de Posgraduados que colaboraron directa o indirectamente para realizar mis estudios de maestría y elaboración de mi proyecto de investigación.

A todos los caficultores de la zona Atlántica cafetalera de Costa Rica porque sin su ayuda, no hubiera sido posible la realización de mi tesis.

BIOGRAFIA

Mildred Linkimer Abarca nació en Turrialba de Costa Rica el 09 de mayo de 1975. Realizó sus estudios de primaria en la Escuela Genaro Bonilla de Turrialba. Finalizó sus estudios de secundaria en el año 1987 en el Instituto Dr. Clodomiro Picado Twigth. Ingresó a la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica en el año 1992, y obtuvo el título de Bachiller en Ingeniería Agronómica con énfasis en Fitotecnia. En la Universidad laboró como asistente del Laboratorio de Investigación del Suelos del año 1996 al 1999 y del Laboratorio de Genética en 1999. Ingresó al programa de maestría de la Escuela de Posgraduados del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza en el año 2000, y obtuvo el título de *Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
BIOGRAFÍA	III
TABLA DE CONTENIDO	IV
RESUMEN	VI
SUMMARY	VIII
LISTA DE CUADROS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE ANEXOS	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	3
1.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Reseña histórica del café en Costa Rica	4
2.2 El cultivo moderno del café en Costa Rica	5
2.3 Requerimientos ambientales para el desarrollo y la producción del cafeto	6
2.4 Clasificación de los cafetales según el tipo de manejo	8
2.5 El uso de árboles en cafetales	10
2.6 Selección de los árboles en cafetales	12
2.7 Especies nativas y especies exóticas	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Área de Estudio	16
3.2 Métodos	17
3.2.1 Entrevistas con Caficultores sobre el uso de Árboles en Cafetales	17
3.2.2 Selección de Atributos Claves	20
3.2.3 Priorización de los atributos claves	20
3.2.4 Selección de Árboles Nativos Promisorios	21
3.3 Análisis de los Datos	23
4. RESULTADOS	25
4.1 Diversidad arbórea de los cafetales	25
4.1.1 Caracterización y composición del sistema	25
4.1.2 Usos y propiedades de las especies	30

4.1.3 Especies nativas y exóticas 32
4.1.4 Selección, establecimiento y manejo de la sombra 32
4.1.5 Ventajas y desventajas de árboles en cafetales según los productores 36
4.1.6 Árboles nativos utilizados en el pasado como sombra de café 39
4.2 Atributos claves que determinan la compatibilidad de los árboles con café 40
4.2.1 Atributos claves según la literatura 40
4.2.2 Atributos claves según los productores 41
4.3 Importancia y peso de los atributos en la zona cafetalera Atlántica 46
4.4 Selección de especies arbóreas nativas promisorias para cafetales 46
5. DISCUSIÓN 50
5.1 Diversidad arbórea en los cafetales 50
5.1.1 Caracterización y composición del sistema 50
5.1.2 Usos y propiedades de las especies 53
5.1.3 Especies nativas y exóticas 54
5.1.4 Selección, establecimiento y manejo de la sombra 55
5.1.5 Ventajas y desventajas de árboles en cafetales según los caficultores 59
5.1.6 Árboles nativos utilizados en el pasado como sombra de café 61
5.2 Atributos claves que determinan la compatibilidad de los árboles con café 63
5.3 Importancia y peso de los atributos en la zona cafetalera Atlántica 69
5.4 Selección de especies árboreas nativas promisorias para cafetales 72
6. CONCLUSIONES 74
7. RECOMENDACIONES 76
8. BIBLIOGRAFÍA 77
9. ANEXOS 87

RESUMEN

Palabras claves: Café, *Coffea arabica*, árboles de sombra, cafetales diversificados, Turrialba, atributos claves, compatibilidad árbol-café, selección de especies.

El objetivo del estudio fue contribuir al desarrollo de la caficultura sostenible identificando y caracterizando especies arbóreas nativas de uso potencial para diversificar cafetales de la zona Atlántica de Costa Rica. Para complementar los atributos claves que determinan la compatibilidad de árboles con café según la literatura, se entrevistaron a 95 caficultores para caracterizar el sistema café-árboles. Adicionalmente, se seleccionaron y priorizaron los atributos claves preferidos por los productores para el asocio de árboles con café, y se contrastaron con los atributos de la literatura. Posteriormente, se aplicaron los criterios de los productores y la literatura con sus respectivos pesos para identificar especies arbóreas con posible potencial para ser asociadas con café. Además, se identificaron especies arbóreas nativas que fueron utilizadas en el pasado en cafetales de la zona.

Se encontraron 62 especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de las cuales 40 fueron especies nativas. Las especies más comunes fueron *Erythrina poeppigiana, Cordia alliodora, Citrus sinensis* y *Musa* sp. Las especies tenían una gran diversidad de usos y propiedades incluyendo consumo humano, alimento para animales silvestres, madera, leña, medicinales y ornamentales.

La mayoría de los productores (53%) seleccionaban árboles por sus productos secundarios para la venta o autoconsumo. Los caficultores utilizaron diferentes maneras de establecimiento y manejo de los árboles. La mayoría (89%) introdujeron árboles frutales y de servicio a sus cafetales. La mayoría de los árboles maderables (82%) fueron establecidos naturalmente en los cafetales. En general, los árboles frutales se manejaban mediante podas de formación para incrementar la producción de frutos; mientras que la única práctica realizada para árboles maderables fue la poda selectiva de ramas.

La mayoría de los productores (97%) percibieron efectos positivos de los árboles en cafetales. Los beneficios más importantes fueron mayor control de malezas, incorporación de nitrógeno y materia orgánica, y el ingreso adicional que se obtiene a través de los productos secundarios de los árboles. Los principales efectos negativos de los árboles fueron que disminuyen la producción de café y que favorecen algunas enfermedades del cafeto sobre todo *Mycena citricolor*.

Según los productores, la introducción del poró (*E. poeppigiana*) en los cafetales por su fácil propagación vegetativa y su rápido crecimiento fue la principal razón por la cual muchas de las especies usadas en el pasado como, por ejemplo las Ingas, fueron eliminadas de las plantaciones.

La mayoría de los criterios claves reportados en la literatura coinciden con los criterios mencionados por los productores. Los criterios más importantes fueron los relacionados con características de arquitectura (forma y tamaño de la copa, tamaño de las hojas, estructura de raíz), así como los relacionados con criterios de compatibilidad, establecimiento y manejo.

De las 62 especies encontradas en los cafetales, 17 fueron seleccionadas como promisorias para ser utilizadas en asocio con café. Entre ellas, las de mayor calificación y potencial para la zona Atlántica de Costa Rica fueron *Inga* sp., *Psidium friedrichsthalianum, Spondias purpurea, Cordia alliodora, Cedrela odorata, Simarouba amara, Erythrina poeppigiana, Gliricidia sepium* y *Cassia spectabilis*. No existieron diferencias entre la mayoría de especies seleccionadas al aplicar la lista de criterios de los productores vs. la lista de criterios de la literatura.

SUMMARY

Key words: Coffee, *Coffea arabica*, shade tree, Turrialba, tree attributes, tree architecture, compatibility.

The objective of the study was to contribute to the development of sustainable coffee production by identifying and characterizing tress that could be used to diversify coffee fields in the Atlantic region of Costa Rica. The coffee plantations and the diversity of associated trees were characterized by means of a survey. Interviews were conducted with 95 coffee farmers to determine both the benefits and problems of the trees present in their coffee plantations. In addition, the desirable attributes of trees as associates of coffee given by the literature were contrasted with those given by coffee farmers. Both literature and farmers criteria were then used to identify promising tree species for coffee. Furthermore, a list of native trees used in the past in coffee plantation was identified.

The farmers mentioned a total of 62 tree species that occur in the shade canopy of their coffee plantations; of these forty were native tree species. The dominant species were *Erythrina poeppigiana, Cordia alliodora, Citrus sinensis* and *Musa* sp. The shade trees were important sources of fruits, food for wildlife, timber, firewood and medicines.

The secondary products were the main reason (53%) for the coffee farmers to select the trees. The farmers had different ways to establish and manage their shade canopy. Most of them (89%) had planted fruit and service trees. The majority (82%) of timber trees were derived from natural succession. In general fruit trees were subjected to intense pruning to increase fruit production. In contrast, the timber trees were managed only by selective pruning of branches.

Most of the coffee farmers (97%) perceived the shade trees to be beneficial although they were also aware of negative effects. The most important benefits were the weed control, addition of nitrogen and organic matter, and the economic profits from secondary products of the trees. The main negative effects mentioned were the reduced yields and the development of diseases, particularly of *Mycena citricolor*, on the coffee plants.

According to the producers, the introduction of Poro (*E. poeppigiana*) was the main reason for eliminating many species such as Ingas from the coffee plantations.

Most of the compatibility-relevant attributes of the tree species used by the literature agreed well with those of the coffee farmers. The most important tree attributes were those related to the establishment, management and compatibility of the trees, particularly based on crown attributes (crown width, crown shape, leaf shape) and root attributes.

Of the 62 species, 17 native tree species were classified as potentially compatible with coffee. *Inga* sp., *Psidium friedrichsthalianum, Spondias purpurea, Cordia alliodora, Cedrela odorata, Simarouba amara, Erythrina poeppigiana, Gliricidia sepium* y *Cassia spectabilis* were the tree species with the highest potencial. Overall, the list of potentially compatible tree species derived from the attributes used by the literature agreed closely with that derived from farmers.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Zonificación Cafetalera de la Región Atlántica de Costa Rica. 7

Cuadro 2. Atributos deseables e indeseables de las especies nativas y exóticas. 15

Cuadro 3. Área y altura de los distritos de la zona donde se realizó el estudio. 16

Cuadro 4. Valores y criterios utilizados para describir las especies según los atributos claves reportados por la litetura. 22

Cuadro 5. Distritos donde se realizó el estudio y número de caficultores entrevistados por distrito. 25

Cuadro 6. Familias más importantes encontradas en los cafetales según el número de especies mencionadas por los productores. 26

Cuadro 7. Las 10 especies más comunes encontradas en los cafetales de la zona Atlántica, según los productores entrevistados. 27

Cuadro 8. Estadística descriptiva para el total de especies, especies frutales, maderables y de servicio encontradas en los cafetales de la zona. 28

Cuadro 9. Promedio de especies arbóreas totales, especies frutales, maderables y de servicio encontradas por área de café y por hectárea en cafetales de diferentes tamaños. 29

Cuadro 10. Promedio de especies arbóreas encontradas en los cafetales de los distritos de la zona cafetalera Atlántica, Costa Rica. 30

Cuadro 11. Diversidad promedio de especies arbóreas encontradas en localidades "céntricas" y "alejadas" de las cabeceras de los distritos. Zona cafetalera Atlántica, CR. 30

Cuadro 12. Usos más importantes de las especies encontradas en los cafetales según la literatura. 31

Cuadro 13. Mecanismos de dispersión de algunos de los árboles presentes en los cafetales y ejemplos de algunos animales dispersores 35

Cuadro 14. Efectos positivos y negativos del dosel en cafetales según los caficultores. 38

Cuadro 15. Especies de la familia Fabaceae utilizadas en el pasado en cafetales según los productores de la zona. 39

Cuadro 16. Atributos deseables de mayor mención en la literatura que deben poseer los árboles para ser asociados con café. 41

Cuadro 17. Priorización o peso de los atributos claves que determinan la compatibilidad árbol-café para la zona cafetalera Atlántica de Costa Rica. 48

Cuadro 18. Especies arbóreas nativas seleccionadas como promisorias para ser utilizadas en asocio con café. 49

Cuadro 19. Ingreso bruto de la venta de frutos de algunos árboles presentes en los cafetales. 56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de producción de café según el nivel de sombra y de manejo 9

Figura 2. Patrones de sombra de un dosel de árboles según el grado de sombreamiento 12

Figura 3. Estado actual de los árboles maderables encontrados en los cafetales según la abundancia de éstas especies en Costa Rica 27

Figura 4. Criterios utilizados por los productores para escoger árboles para su cafetal 33

Figura 5. Establecimiento de la sombra en los cafetales de la zona. 34

Figura 6. Manejo de la sombra en los cafetales de la zona 36

Figura 7. Atributos de crecimiento y manejo de los árboles para su compatibilidad con café que son preferidas por los productores de la zona 43

Figura 8. Atributos de arquitectura de los árboles para ser asociados con café según la preferencia de los productores 44

Figura 9. Características de follaje, incorporación de materia orgánica y nitrógeno y otros beneficios que deben poseer los árboles para ser compatibles con café según los productores 45

Figura 10. Cualidades maderables que son preferidas por los productores de la zona 45

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1A. Mapa de Costa Rica y región de estudio. 88

Anexo 1B. Mapa detallado de la zona de estudio 89

Anexo 2. Cuestionario para entrevistar a caficultores acerca de las especies presentes en el dosel. 90

Anexo 3. Especies presentes en el dosel de los cafetales según las encuestas realizadas a los productores. 94

Anexo 4. Tipo de hábitat, procedencia y condición actual de abundancia de las especies mencionadas por los productores. 96

Anexo 5. Utilidad de las especies registradas en los cafetales de la zona según la literatura. 98

Anexo 6. Especies presentes en el dosel de los cafetales y utilidad según los productores. 100

Anexo 7. Especies utilizadas en el pasado (20 años) en los cafetales de la zona Atlántica según los productores. 102

Anexo 8. Utilidad de las especies presentes en el pasado en cafetales según los productores. 103

Anexo 9. Atributos claves que determinan la compatibilidad de los árboles con café según la literatura. 104

Anexo 10 A1. Descripción de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. 106

Anexo 10 A2. Priorización de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. 107

Anexo 10 B1. Descripción de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. 108

Anexo 10 B2. Priorización de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. 109

Anexo 10 C1. Descripción de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. 110

Anexo 10 C2. Priorización de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. 111

Anexo 11 A1. Descripción de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. 112

Anexo 11 A2. Priorización de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. 113

Anexo 11 B1. Descripción de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. 114

Anexo 11 B2. Priorización de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. 115

Anexo 11 C1. Descripción de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. 116

Anexo 11 C2. Priorización de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. 117

1. INTRODUCCIÓN

En América Central, Costa Rica es el país que más ha impulsado una caficultura sin sombra, una práctica que se desarrolló con más fuerza a partir de los años 70. Junto con la deforestación de grandes áreas, este cambio ha contribuido a que actualmente muchas especies arbóreas nativas se encuentren amenazadas o en peligro de extinción. Además, la transformación industrial del sector cafetalero ha afectado negativamente al agroecosistema del café tradicional debido a la pérdida de biodiversidad, la fragmentación del hábitat de la flora y la fauna, la contaminación por los agroquímicos y la erosión del suelo (Rice y Ward, 1996).

Por otro lado, la agroforestería ha recibido mucha atención en los últimos años, principalmente por que los sistemas agroforestales son más sostenibles que los sistemas en monocultivo. Estos sistemas se vuelven aún más importantes en el caso de pequeñas explotaciones agrícolas, donde las limitaciones socio-económicas pueden ser aún mayores (Beer, 1995) porque los productores generalmente no cuentan con suficientes recursos económicos para manejar sus fincas. En este caso, la implementación de sistemas agroforestales contribuye con mejorar la productividad de la finca, es decir, el sistema es capaz de producir bienes requeridos por los productores, se reduce la necesidad de utilizar insumos externos y existe una mayor eficiencia de la mano de obra. A ello debe sumarse que el sistema adquiere sostenibilidad, siendo capaz de mantenerse productivo indefinidamente (Jiménez y Muschler, 2001).

Como mencionan Jiménez y Muschler (2001), para que un sistema posea sostenibilidad se deben conservar los recursos naturales agua, suelo y la biodiversidad que incluyen plantas y animales, pues éstos son base para la producción actual y futura. En los cafetales de Costa Rica la tendencia ha sido el uso de especies forestales exóticas, i.e. especies introducidas que provienen de condiciones ambientales similares pero, en muchos casos, de un ambiente biológico muy diferente de las condiciones del sitio de introducción. Ejemplos de ellas incluyen *Casuarina* spp., *Tectona grandis*, *Grevillea robusta* y *Eucalyptus* spp., siendo esta última una de las más utilizadas hasta el momento. Esta preferencia se ha debido principalmente a la disponibilidad de información silvícola, al rápido crecimiento y la alta productividad de estas especies reportada por la literatura. A esto debe sumarse, que desde el inicio de la reforestación en Costa Rica la política estatal incentivó la plantación de especies exóticas dejando el uso de especies nativas en segundo plano (Ramírez, 1996).

En la actualidad se sabe que el componente arbóreo costarricense es de apróximadamente 2000 especies, es decir, alrededor del 20% del total de la flora nacional. De estas especies, solamente unas 300 han sido utilizadas por su madera en todo el territorio nacional y más de 40 han sido

catalogadas como especies que poseen algún grado de amenaza en el país (Jiménez y Poveda, 1991; 1997). A la vez se sabe que en Costa Rica existen árboles nativos con un alto potencial para producir en asociación con el cafeto, entre ellas *Inga* spp, *Swietenia macrophylla*, *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata* y *Alnus acuminata* (Sabogal, 1983; Somarriba y Beer, 1987; Hernández *et al.*, 1997). Sin embargo, a nivel nacional son pocas las investigaciones formales sobre domesticación de especies arbóreas nativas. Más de un 25% del área plantada con especies nativas se ha perdido por diversas razones como el manejo poco adecuado, la mala selección de sitios y de las especies, el uso de material genético de mala calidad, y sobre todo por la falta de información e investigación para más de un 70% de las especies (Butterfield, 1995; Jiménez, 1996).

Los estudios realizados hasta el momento sobre especies nativas (Mesén, 1990, Díaz *et al.*, 1991; Mesén y Dvorak, 1992; Calvo 1995; Calvo *et al.*, 1996; Masís, 1996) han sido de gran aporte, pero todavía son muy escasos y preliminares como para permitir una selección y utilización adecuada de estas especies a mayor escala. Sin embargo, experiencias preliminares han demostrado el potencial de muchas especies nativas para ensayos de plantación tanto puras como en asocio con café. Además de su comportamiento, valor y adaptación, éstas especies poseen una gran aceptación de los involucrados en el sector (Rodríguez, 1996).

Para facilitar la selección de especies promisorias, una serie de criterios y atributos que determinan la compatilidad entre árboles de sombra y cultivos perennes como el café han sido estudiados por diferentes autores (p.e. Beer, 1987; Geilfus, 1994; Muñoz, 1997; Bellow y Muschler, 1999 y Muschler, 1999). Por el contrario, son pocos los estudios que se han realizado para determinar cuales son las preferencias de los productores hacia estos criterios y atributos. Los estudios realizados para caracterizar los sistemas café-árboles en la zona cafetalera Atlántica también son escasos (p.e. Llanderal, 1998). De esta manera, se determina la importancia de recolectar la información necesaria para la posterior domesticación de especies nativas, así como buscar nuevas alternativas viables que permitan a nuestros caficultores mejorar sus sistemas de producción de una manera sostenible.

1.1 Objetivo General

Contribuir al desarrollo de la caficultura sostenible identificando y caracterizando especies arbóreas nativas de uso potencial para diversificar cafetales de la zona Atlántica de Costa Rica.

1.2 Objetivos Específicos

a) Caracterizar el sistema café-árboles en la zona Atlántica cafetalera de Costa Rica.

b) Analizar las percepciones y el conocimiento local de los productores acerca del uso de árboles en cafetales.

c) Identificar y caracterizar especies arbóreas nativas de la Zona Atlántica de Costa Rica que fueron utilizadas en el pasado en cafetales.

d) Contrastar los atributos más importantes de los árboles para la compatibilidad con café según la literatura con los atributos señalados por los productores de la zona.

e) Priorizar los atributos claves de los árboles para la compatibilidad con café según su importancia en la zona cafetalera Atlántica de Costa Rica.

f) Aplicar los criterios de productores y de la literatura con sus respectivos pesos para identificar y caracterizar las especies arbóreas nativas de la zona con posible potencial de uso en asocio con café.

1.3 Hipótesis

- Los productores de la zona conocen las ventajas y desventajas de tener árboles en su cafetal.
- Existen experiencias valiosas sobre especies arbóreas nativas de la zona que se utilizaban en el pasado en cafetales y que tienen un potencial de uso en asocio con café.
- Los atributos que determinan la compatibilidad de especies arbóreas con café reportados en la literatura, coinciden con los atributos identificados por los productores de la zona.
- Las listas de especies priorizadas según los criterios de los productores vs. los criterios reportados por la literatura son diferentes.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Reseña histórica del café en Costa Rica

El cultivo del café se inició en Costa Rica a finales del siglo XVIII. En un principio, el café era sembrado con gran frecuencia a plena o casi plena exposición solar y con densidades de siembra relativamente altas para esa época (Samper, 1999). El manejo del cultivo consistía básicamente en la desyerba manual (Samper, 1999). Aunque el cultivo a pleno sol parecía predominar en el país, ya a mediados del siglo XIX algunos cafetales empezaron a utilizar árboles de sombra como los Ingas, las Erythrinas, las Mimosas, las Cassias, etc. (Montealegre, 1938a).

En los años siguientes, la práctica de plantar regularmente árboles de sombra, especialmente Ingas y Erythrinas, se introdujo en los países de Centroamérica. El objetivo era de proteger a los cafetos del calor excesivo y la insolación, sobre todo en épocas secas. Se mencionaba un mejoramiento en el microclima, un ciclo agroecológico más similar al del bosque original y una prolongación en la vida del cafetal (Samper, 1999). Entre mediados del siglo XIX y hasta el último cuarto del siglo XX, el paisaje cafetalero estaba dominado por un sistema de producción que se caracterizaba por la sombra diversa y una alta riqueza biológica (Rice y Ward, 1996).

A principios de los años setenta los caficultores, al igual que productores de otros cultivos, se encontraron de frente con las fuerzas de la modernización. Como mencionaron Fernández y Muschler (1999), la tecnificación de la caficultura fue una de las transformaciones más dramáticas que se han dado en un cultivo tropical. La modernización fue inicialmente vista como un medio para combatir la enfermedad producida por el hongo bacterial de la Roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). Después de los estragos que causó la roya en Brasil en los años 70s, cundió un pánico general en los países productores, por lo que con la llegada de esta enfermedad a Costa Rica la principal solución promovida fue la tecnificación del cafetal (Perfecto *et al.*, 1996; Rice, 1996). Los cafetales tradicionales con una gran diversidad de árboles frutales y leñosos fueron desplazados por cafetales modernos que muchas veces llevan solamente un tipo de sombra muy dispersa.

Aunque la roya no resultó ser tan problemática como se predijo, la tecnificación continuó avanzando rápidamente. La nueva justificación para modernizar los cafetales pareció ser motivada por los altos rendimientos por hectárea que se obtenían en plantaciones a pleno sol en comparación con cafetales bajo sombra (Perfecto *et al.*, 1996; Rice y Ward, 1996). Recientemente se estimó que de las 2.8 millones de hectáreas sembradas de café en el norte de América Latina, 1.1 millones de hectáreas fueron convertidas en plantaciones de café al sol o "tecnificado" (Rice y Ward, 1996). En Costa Rica se estima que del total del área cafetalera, el 40% (43.200 ha) son tierras de café

tecnificado, 54.000 ha son cafetales con nivel tecnológico medio y solamente 10.800 ha son cafetales tradicionales caracterizados por una baja densidad de siembra del café, una alta diversidad del dosel de sombra y un bajo o cero uso de insumos externos (Rice, 1996).

2.2 El cultivo moderno del café en Costa Rica

El cultivo del café se inició en Costa Rica en el siglo XVIII (Zamora, 1998). Una vez introducido y desarrollado en el país, el cultivo del café trajo a los costarricenses mejores tiempos, debido a que hasta finales del siglo XVII Costa Rica era la colonia más pobre del Reino de Guatemala. Gracias a las exportaciones a mercados en Panamá, Chile, Europa y Estados Unidos, el cultivo se constituyó en precursor de intercambios económicos y culturales con el resto del mundo, lo cual significó desarrollo y mejoras sustanciales al nivel de vida (Zamora, 1998).

En Costa Rica, el cultivo del café representa actualmente el 3.2% del área total de labranza (Zamora, 1998). La actividad cafetalera como generadora de empleo se manifiesta principalmente en las labores de mantenimiento, cosecha y beneficiado. Como fuente de empleo, el cultivo del café representa el 6.8% de la fuerza de trabajo nacional y aproximadamente un 19.5% del empleo generado por el sector agropecuario (Zamora, 1998). En la actualidad el área dedicada al cultivo del café en Costa Rica está estimada en 106.000 ha (SEPSA, 1999) con un promedio nacional de producción de 31.3 qq/ha (PROMECAFE, 2000a). Aproximadamente un 60% de esta área son cafetales en producción con rendimientos de entre 45 y 60 qq/ha; y el otro 40% son cafetales que no superan el promedio de 30 qq/ha. La producción de café para la cosecha 1999-2000 se estimó en 2.55 millones de sacos de 60 kg (PROMECAFE, 2000a) mientras que la exportación total fue de 2.22 millones de sacos de 60 kg (PROMECAFE, 2000b).

El cultivo del café en Costa Rica se encuentra distribuido en gran parte del territorio nacional. El mayor porcentaje de área cultivada se ubica en el Valle Central donde se presentan las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, se han establecido importantes áreas de producción en las provincias de Puntarenas,Guanacaste, Cartago, Heredia, Alajuela y San José y en los cantones de Coto Brus, Tilarán, Nicoya, Nandayure, Turrialba, San Ramón, San Carlos, Sarapiquí, y Pérez Zeledón (Anexo 1).

Una de las zonas cafetaleras de Costa Rica se encuentra ubicada en la Zona Atlántica del país. Esta zona produce alrededor de un 11% del café nacional (ICAFE, s.f.). Aunque esta zona quizá no presenta las mejores condiciones climáticas para la producción de café debido principalmente a que se encuentra por debajo de los 1200 msnm, con precipitaciones superiores a los 2500 mm y con suelos caracterizados por su pedregosidad y acidez, el cultivo constituye una importante fuente de

ingresos para los pequeños productores de la región y una fuente de empleo para los habitantes de la zona. Según la Zonificación Cafetalera de Costa Rica (basada en aspectos climáticos), la Región Atlántica del país, se divide en tres zonas cafetaleras: Atlántico de Altura, Atlántico Medio y Atlántico de Bajura. A su vez, se distinguen tres tipos de café y cuatro subtipos (Cuadro 1).

2.3 Requerimientos ambientales para el desarrollo y la producción del cafeto

El cafeto requiere de una serie de condiciones que influyen directa o indirectamente en sus características productivas y de calidad. Principalmente los factores de clima (p.e. altitud, temperatura, precipitación, radiación solar, viento y humedad relativa) y suelo (p.e. origen, propiedades físicas y químicas), así como las condiciones de infraestructura cafetalera, capital, mercado y otros son fundamentales para que la caficultura sea eficiente (Zamora, 1998).

El cafeto presenta una gran capacidad para crecer y desarrollarse en diversos ambientes. Sin embargo, la siembra del cultivo en condiciones subóptimas trae como consecuencia en muchas ocasiones rendimientos reducidos y una baja calidad de bebida. Según Gutiérrez (1994) y Zamora (1998) las características de suelo óptimas para el desarrollo del cafeto son suelos sueltos, ricos en materia orgánica, nitrógeno y potasio. Las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo son: altitud entre los 1200 a 1700 msnm; temperatura promedio anual entre los 17 a 23°C; precipitación de 1500 a 2500 mm con un periodo seco no mayor a 90 días al año. La humedad relativa entre 70 a 85% y un promedio de 1500 a 2500 horas luz al año (Gutiérrez, 1994; Zamora, 1998).

Cuadro 1. Zonificación Cafetalera de la Región Atlántica de Costa Rica.

Tipo de café Regiones-maduración	Subtipos y zonas de producción	Altitud (m)	Precipitación *		Tempe-ratura *	Brillo solar *, &	Humedad relativa *	Contribución a la producción nacional (%)
			Total (mm)	Días				
ZONA 1. Atlántico de altura High Grown Atlantic (H.G.A.) Estación lluviosa más prolongada que en la tendencia pacífica, y estación seca no bien definida. **Maduración media**	**H.G.A.:** Zonas de alta pluviosidad al norte de Turrialba (Aquiares, Verbenas)	900 – 1200	3250	210	20.5°C	38% 1664 horas	No hay datos	2.55
ZONA 2 Atlántico medio **Medium Grown Atlantic (M.G.A)** Estación húmeda más prolongada aún que en el tipo anterior **Maduración temprana**	**M.G.A.:** Valle de Turrialba y estribaciones montañosas adyacentes. También zona de Sarapiquí	600-900	3000	245	22.0°C	37.5% 1642 horas	87.5%	6.97
	M.G.A. Lluvioso: Zona de Cimarrón de Peralta, con más altos niveles de precipitación		3750			37.0% 1620 horas	No hay datos	
ZONA 3 Atlántico de bajura Low Grown Atlantic (L.G.A.) Zona de alta pluviosidad, sin definición de estaciones **Maduración temprana**	**L.G.A. Zona alta:** Franja inmediata inferior a la de M.G.A. y otras zonas atlánticas	350-600	4000	245	24.5°C	36.0% 1577 horas	89%	1.16
	L.G.A. Zona baja: Zona cafetalera de menor altitud, bajo la influencia atlántica.	200-350						

*: Promedios anuales, &: datos de luminosidad con base en un máximo diario de 12 horas de brillo solar.

Fuente: Modificado de Zamora QL. 1998; ICAFE, s.f.

2.4 Clasificación de los cafetales según el tipo de manejo

Los cafetales de América Latina se distinguen principalmente por su manejo. Según Moguel y Toledo (1999) las plantaciones de café pueden distinguirse en cinco grandes grupos basado en los niveles de sombra y la intensidad del manejo del cafetal (Figura 1). Entre menos sombra tiene, más intensificado es el sistema de producción. Además, según Rice y Ward (1996), conforme un cafetal se intensifica o industrializa más, existe una mayor tendencia a depender del mercado y una menor inclinación a producir una variedad de productos básicos para el uso en el hogar.

Los cinco tipos de plantaciones de café según Moguel y Toledo (1999) son los siguientes:

1. El "café rústico" que es el sistema menos intensificado, se caracteriza porque el café es sembrado bajo el bosque y existe poca o ninguna alteración de la cobertura boscosa. El cafetal requiere de poco tiempo y recursos financieros para su manejo.

2. El "policultivo tradicional" que es semejante al café rústico en la estructura, pero la cobertura boscosa es enriquecida con la siembra deliberada de otras plantas que son útiles para el hogar.

3. El "policultivo comercial", donde se siembra una gran variedad de árboles pero mucho menos que en los dos sistemas anteriores. Las utilidades que se obtienen en este sistema son mayores que en los anteriores y se obtienen varios productos diferentes al café que le aportan al productor alimentos y/o ingresos.

4. El sistema de "sombra especializada" o "reducida", donde el dosel generalmente posee una sola especie (por ejemplo, de los géneros *Inga, Erythrina, Gliricidia, Grevillea)* que es altamente podada. En este sistema el único producto comercial es el café.

5. El manejo "a pleno sol", donde se elimina por completo la cobertura de sombra. Este sistema es altamente productivo si se le aplican los insumos químicos requeridos, y al igual que el sistema de sombra especializada su objetivo exclusivo es producir café para el mercado.

Según Harvey (2001) estos sistemas representan un gradiente en la biodiversidad desde sistemas altamente diversos hasta sistemas simplificados. Mientras que los dos primeros sistemas (rústico y policultivo tradicional) mantienen una gran diversidad de especies arbóreas y ofrecen una gran fuente de alimento y hábitats para otros organismos, los sistemas especializados se restringen a pocas especies arbóreas y ofrecen menos nichos. De esta manera, las plantaciones más diversas tienen un valor de conservación mucho mayor que los sistemas simplificados y tecnificados.

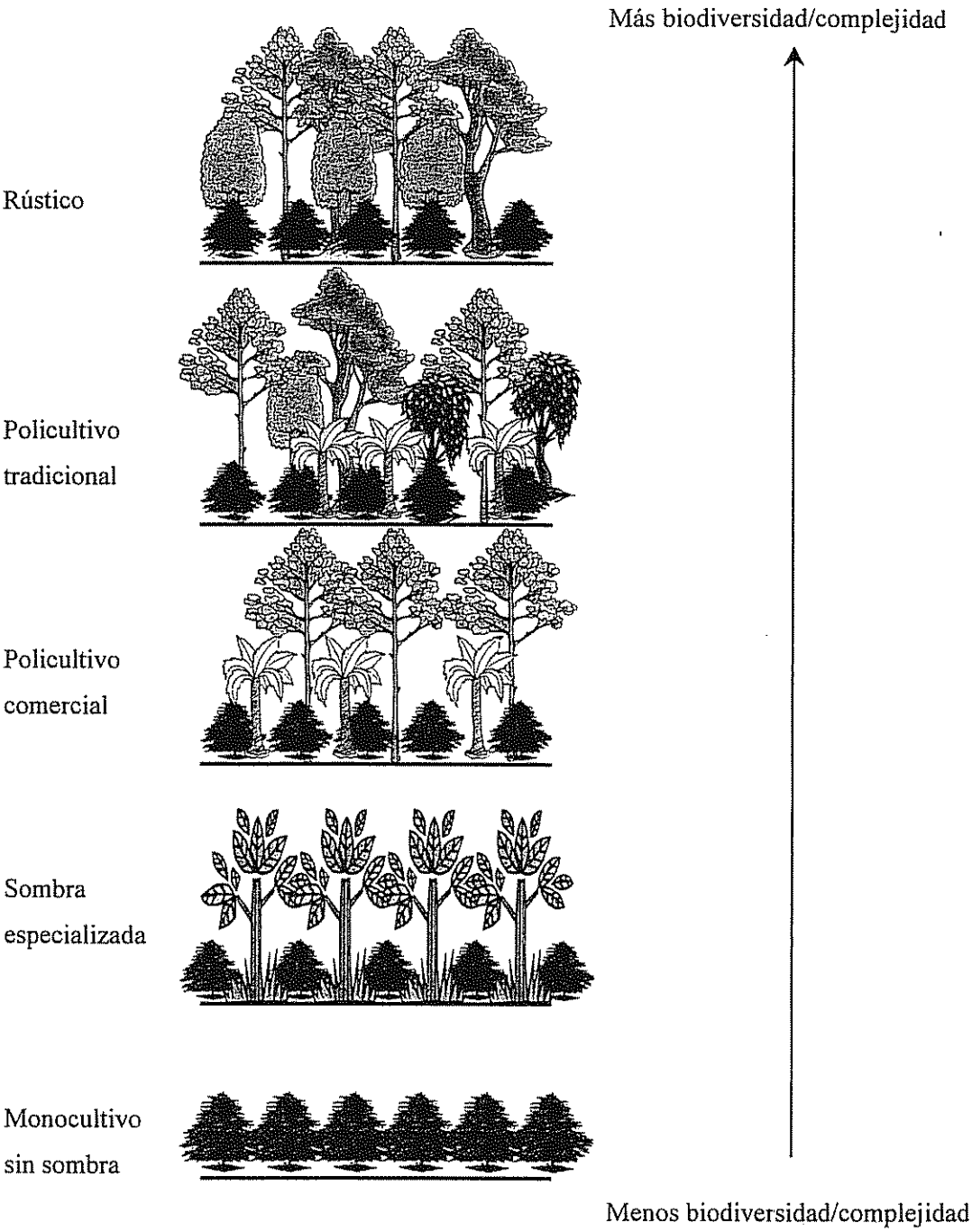


Figura 1. Sistemas de producción de café según el nivel de sombra y de manejo (Fuente: modificado de Moguel y Toledo, 1999).

2.5 El uso de árboles en cafetales

La sustitución de los cafetales tradicionales por sistemas de monocultivo o con sombra especializada de una o dos especies con la idea de obtener producciones superiores ha traído como consecuencia una serie de costos adicionales. Por un lado, los costos de producción se incrementan debido a la mayor dependencia de agroquímicos y mano de obra para el control de malas hierbas y mantenimiento (Geilfus, 1994; Lyngbaek *et al.*, 1999). Por el otro lado, la dependencia de agroquímicos y combustibles fósiles trae como consecuencia una fuerte reducción de la biodiversidad, erosión y desgaste del suelo, contaminación ambiental y problemas de salud, entre otros. A estos se deben sumar los daños debidos a la lluvia, sequía y la ausencia de productos adicionales (madera, leña, frutas, etc) (Geilfus, 1994; Lyngbaek *et al.*, 1999).

Los sistemas tradicionales de café, si bien producen menos que el cultivo a pleno sol, producen a menor costo y proveen muchos efectos positivos debido a la presencia de los árboles. La fertilidad del suelo se mantiene mejor, la sombra y el mulch de los árboles reducen la presencia de malezas, la vida productiva de la plantación de café se alarga, la producción es más estable de un año para otro y la sombra ayuda a reducir los niveles de algunas plagas y enfermedades tales como la Chasparria (*Cercospora coffeicola*) (Beer, 1987; 1995). Además, la presencia de árboles de sombra no solamente incrementa la deposición de materia orgánica en el suelo, sino que disminuye la temperatura de las capas superficiales de éste trayendo como consecuencia que la descomposición de materia orgánica sea más lenta (mayor sostenibilidad). Lo anterior produce una mayor protección del suelo y un mejoramiento en su fertilidad (Beer, 1987; 1995).

Para ambientes subóptimos para café, *i.e.* zonas que presentan condiciones climáticas que están fuera de los rangos óptimos para el desarrollo y producción del café, Muschler (1997a y 1998) encontró que la sombra aumenta el tamaño de los granos de café y reduce el número de frutos deformados y momificados debido a que las temperaturas son más bajas y el agotamiento de las plantas es menor. Además, la calidad organoléptica de café bajo sombra supera al café de pleno sol principalmente en los atributos de apariencia en verde, tueste y cuerpo (Muschler, 2001).

Además, los árboles promueven una mayor diversidad de la flora y fauna nativa al aumentar las posibilidades de hallar alimentos, encontrar abrigo y permitir la reproducción, tanto de pájaros como de mamíferos (Benedetti, 1992; Perfecto *et al.*, 1996).

Es importante reconocer que no todas las interacciones entre los árboles de sombra y el café son beneficiosas. Existen efectos negativos que deben ser tomados en cuenta para seleccionar especies de sombra para cada sitio y propósito. Entre los más importantes están la acidificación del suelo

por la absorción de bases, acumulación de sustancias tóxicas (alelopáticas) para el cultivo en el suelo y competencia con el cultivo por agua y nutrientes debido al crecimiento arbóreo. Además existe una absorción de nutrimentos del sistema en los casos de árboles maderables o frutales, la cual debe reemplazarse por medio de fertilizantes orgánicos o inorgánicos (Beer, 1995). La presencia de árboles y sus raíces puede dificultar el establecimiento de estructuras de control de erosión. La caída de los árboles o sus ramas, o la cosecha de los árboles maduros, puede causar daños al cultivo. El goteo de las hojas grandes de árboles altos puede ser perjudicial al cultivo (desprendimiento de flores, frutos y partículas de suelo). Una sombra excesiva podría aumentar la incidencia de "Ojo de Gallo" (*Mycena citricolor)* y además algunos árboles de sombra pueden convertirse hospederos de algunas plagas (Beer, 1987, 1995; Geilfus, 1994; Muschler, 1999). Aunque son muchas las desventajas de los árboles de sombra, la mayoría de éstas se pueden reducir con una selección cuidadosa de las especies de sombra aptas para cada sitio, proporcionando el manejo adecuado a cada una de ellas y brindándole al cafetal el nivel de sombra que mejor responda a las condiciones existentes.

El grado de modificación climática que puede ocurrir en un cafetal depende, según Muschler (1999), de la intensidad de sombra que producen los árboles y de las condiciones climáticas en las cuales se encuentran los cafetales. Según el autor los niveles de sombra se pueden distinguir por dos factores: 1-) La homogeneidad o distribución de la sombra (homogénea vs. heterogénea o "en parches" y 2)- la densidad o intensidad de la sombra (sombra extensa o fuerte vs. sombra liviana o ligera). El microclima de los árboles difiere no solamente en los extremos (sombra densa y homogénea vs. rala y heterogénea) sino que también en los dos sistemas de sombra "intermedia" (sombra tupida y heterogénea vs. sombra abierta y homogénea) (Figura 2).

A pesar de la controversial discusión entre si los cafetos se benefician o no de la presencia de los árboles, la mayoría de plantaciones de América Central están combinadas con árboles (Galloway y Beer, 1997). Muschler (1997b) afirmó que los factores claves para la decisión por sombra o sol en cafetales se pueden organizar en tres grupos: el primero está conformado por los objetivos de producción y protección, si éstos incluyen la conservación de los recursos naturales, se optaría por el sistema sombreado de mayor diversidad biológica. El segundo grupo está constituido por los factores ambientales. Fincas con suelos pobres, deficientes de agua, con estrés microclimático a elevaciones menores y vientos fuertes favorecen el uso de sombra. El tercer grupo de factores consiste en insumos que pueden ser utilizados para reducir las limitaciones ambientales. En la mayoría de los casos, el monocultivo sin sombra se sostiene solamente mientras haya financiamiento y agroquímicos (Muschler, 1997b).

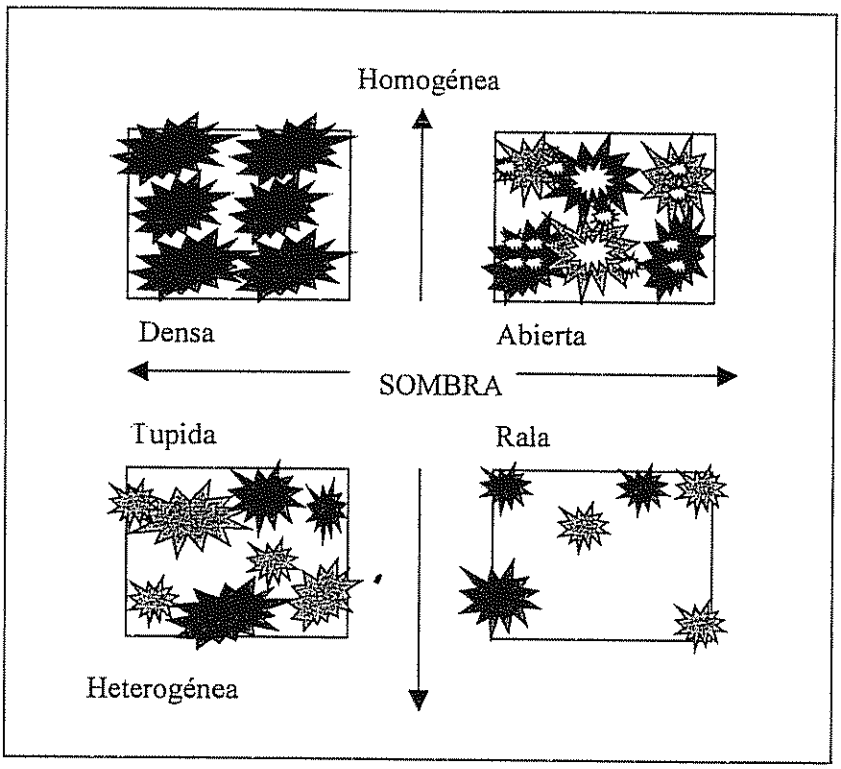


Figura 2. Patrones de sombra de un dosel de árboles según el grado de sombreamiento (Fuente: modificado de Muschler, 1999)

En conclusión, se puede afirmar que los árboles juegan un papel importante en la producción de café, principalmente en condiciones no óptimas a marginales. En las condiciones que aplican a la mayoría de las fincas cafetaleras de la Zona Atlántica de Costa Rica, principalmente por las condiciones de temperatura y precipitación elevadas (Cuadro 1), el asocio de árboles es una práctica muy promisoria, sobre todo en pequeñas fincas donde generalmente los productores no cuentan con suficientes recursos económicos para manejar sus cafetales.

2.6 Selección de los árboles en cafetales

Los criterios más importantes para facilitar la selección de especies promisorias en un cafetal se pueden agrupar de la siguiente manera: 1- según los usos de las especies (maderables, frutales, árboles de servicio); 2- según la adaptación ecológica que presenten principalmente en cuanto a clima y suelo; 3- según la compatibilidad con café (alta, media o baja) y; 4- según otras consideraciones (por ejemplo, disponibilidad de semilla, ayuda en el control biológico, especies nativas o exóticas y otros) (Muschler, 1999).

Tanto para la selección de árboles maderables como de servicio, y con base en estudios de las interacciones entre los árboles de sombra y cultivo perennes como café, algunos autores (Beer, 1987; Geilfus, 1994; Muñoz, 1997; Bellow y Muschler, 1999; Muschler, 1999) han elaborado una serie de características deseables de un árbol ideal de sombra para una caficultura sostenible. Los atributos más relevantes son:

- Ser de fácil establecimiento y crecimiento
- Poseer un sistema radicular fuerte y profundo, para que no compita con el cultivo en la capa superficial del suelo y que además pueda extraer nutrientes que no son disponibles para el cultivo.
- Ser poco susceptible a plagas y enfermedades y sin potencial de convertirse en maleza agresiva.
- No causar efectos alelopáticos.
- En cuanto a su manejo y fisiología, preferiblemente presentar autopoda y si se trata de un árbol de servicio debe tolerar podas fuertes y tener la capacidad de rebrotar fácilmente. Además, es mejor que sea fijador de nitrógeno y debe tolerar el estrés ambiental.
- Entre los atributos y arquitectura de copa, debe poseer copa abierta y angosta (rala), ramas y tallos no quebradizos y hojas pequeñas para evitar el efecto de unión de gotas de lluvia.
- Proveer una alta producción de biomasa y que su hojarasca se descomponga fácilmente.
- Especies maderables deben poseer fuste recto y alto, con buena calidad de madera.
- Proveer productos secundarios (madera de valor, leña, frutas, etc)
- Cumplir con funciones ecológicas, por ejemplo: fomentar el control biológico, proveer hábitat para aves, fomentar la conservación y fertilidad de los suelos.

Ninguna especie arbórea puede mostrar todos los atributos deseables para su asocio con café. De hecho como menciona Wood y Burley (1995), algunas de las características pueden ser en muchos casos mutuamente exclusivas (por ejemplo la producción de fruta y madera). Sin embargo debe tenerse presente que las características de los árboles van a depender en gran parte del objetivo del productor. Además, la selección de especies busca no solo maximizar los beneficios del productor por ejemplo con la obtención de productos secudarios, sino que también proporcionar beneficios directos sobre el cafetal.

2.7 Especies nativas y especies exóticas

La discusión sobre la selección de especies incluye el contraste entre especies nativas y exóticas. Cuando hablamos de los términos "nativo" y "exótico" debemos aclarar como menciona Mesén (1996), que estos términos son subjetivos y que dependen de la visión de la persona. Sin embargo, se debe tener presente que las especies responden a los requerimientos ecológicos o las barreras biológicas presentes. En el presente trabajo el término "nativo" se referirá únicamente a especies arbóreas nativas que tienen su distribución natural en Centroamérica incluyendo la Zona Atlántica de Costa Rica.

Entre los géneros más conocidos de especies exóticas en América Central se encuentran: *Eucalyptus, Teca, Casuarina y Terminalia*. El atributo más atractivo de muchas especies exóticas es la alta tasa de crecimiento, aunque su adaptación local puede ser desconocida (Muschler, 1999). Algunos de las ventajas y desventajas de las especies nativas y exóticas se resumen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Atributos deseables e indeseables de las especies nativas y exóticas (Arias, 1993; Beer *et al,* 1998; Muschler, 1999).

	Especies Nativas	Especies exóticas
Atributos deseables	• Están adaptadas al ambiente lo que reduce el riesgo de plagas y enfermedades • Poseen aceptación local (por ejemplo se conoce el valor de la madera) • Rodales naturales cerca del sitio pueden indicar la posibilidad de que se comporten bien en plantación. • Forman parte de la flora regional por lo que contribuyen con la biodiversidad. • Son fuente importante de alimentos y nicho para la fauna local.	• Poseen crecimiento rápido en condiciones favorables. • Muchas , veces están libres de enfermedades y plagas de su ambiente natural • Existen experiencias de investigación sobre su producción, manejo y su madera
Atributos no deseables	• No representan "nada nuevo" para el productor • Muchas son pioneras del bosque y no crecen bien en sitios difíciles. • Muchas veces poseen crecimiento lento • Falta mucha investigación, experiencia y disponibilidad de fuentes de semilla	• Modifican la flora y fauna local • Pueden favorecer nuevas plagas y enfermedades • Poseen adaptación y aceptación desconocidas • Pueden convertirse en maleza (p.e. *Melaleuca, Leucaena*)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio

El estudio se realizó en la región media de la Zona Cafetalera Atlántica de Costa Rica, cubriendo un área de aproximadamente 1738 km^2 (Instituto Geográfico Nacional, 2001). La región estuvo conformada por 2 cantones: 1. Turrialba, ubicado entre los 09° 47′ 11″ latitud norte y 83° 34′ 03″ longitud oeste; y 2. Jiménez, ubicado entre los 09° 47′ 51″ latitud norte y 83° 41′ 57″ longitud oeste (Cuadro 3, Anexo 1a, 1b). En general la zona se caracteriza por ser una vertiente montañosa, con alturas que varían entre los 600 y los 900 msnm con excepción del distrito de Peralta que se ubica a 390 msnm. La precipitación es variable entre 3000 a 3750 mm anuales, la humedad relativa oscila de 87.5 a 90%, y la temperatura promedio anual es de 22°C (Zamora, 1998). Según la clasificación de Holdridge (1978), en esta región existen dos zonas de vida: Bosque Muy Húmedo Premontano y Bosque Muy Húmedo Tropical.

Cuadro 3. Área y altura de los distritos de la zona donde se realizó el estudio (Chinchilla, 1987).

Cantón	Distrito	Área (km^2)	Altura (msnm)
Jiménez	Tucurrique	36	777
Jiménez	Pejibaye	209	643
Turrialba	Turrialba	77	646
Turrialba	La Suiza	649	616
Turrialba	Peralta	10	390
Turrialba	Santa Teresita	53	840
Turrialba	Pavones	41	819
Turrialba	Tuis	38	735
Turrialba	Tayutic	496	870
Turrialba	Tres equis	129	697
	Total	**1738**	

Se seleccionó la región media de la zona cafetalera Atlántica debido a que está clasificada por la zonificación cafetalera de Costa Rica como una región con condiciones subóptimas para la producción y calidad del café (Zamora, 1998) principalmente por presentar condiciones climáticas fuera de los rangos óptimos para la producción y desarrollo del cultivo (página 7). En estas condiciones los árboles juegan un papel muy importante, además de representar una ganancia

directa al obtener productos de los árboles, los efectos ambientales también benefician al café asociado.

3.2 Métodos

El estudio se dividió en cuatro fases:

1- Entrevistas con caficultores de la zona acerca del uso de árboles en cafetales.

2- Selección de atributos claves de los árboles que determinan la compatibilidad de árboles con café según la literatura y los productores.

3- Priorización de los atributos claves para la compatibilidad con café.

4- Selección de árboles nativos promisorios que pueden ser utilizados en asocio con café.

3.2.1 Entrevistas con Caficultores sobre el uso de Árboles en Cafetales

Se realizaron entrevistas personales dirigidas a 95 caficultores de la zona de estudio. Para obtener información de un grupo representativo de productores de la zona, los entrevistados se eligieron al azar con la ayuda de las listas de caficultores que entregan café en los beneficios de CoopeSuiza, Compañía Santa Rosa Ltda. y Volcafé. El tamaño de la muestra para un nivel de significancia del 95% se obtuvo mediante la siguiente fórmula (Scheaffer *et al.*, 1987):

$$n = \frac{Npq}{(N-1)\frac{B^2}{4} + pq},$$

donde:

n= tamaño de la muestra

N = Total de productores que entregan café en los 3 beneficios (3787)

$p = q = 0.5$

$B = 0.10$. Límite de error del 10%

Debido a que la lista de los beneficios se encuentra dividida por distritos y a su vez los productores se distribuyen heterogéneamente entre éstos, se determinó mediante asignación proporcional el número de caficultores a entrevistar por distrito. De esta manera el número de productores por distrito fue igual al porcentaje que representan de la población en estudio. En total se realizaron 95 entrevistas distribuidas en 10 distritos de la región cafetalera Atlántica.

Antes de iniciar con las entrevistas, se realizó una prueba piloto con 5 caficultores elegidos al azar con el objetivo de probar en el campo el cuestionario (Anexo 2) y asegurar que las preguntas eran cortas, claras, sin sesgos y que el tiempo para completarlo no excediera los 60 minutos. Con la prueba se logró modificar dos preguntas que se prestaban para confusiones. La primera consistió de una pregunta abierta para que los productores identificaran las características que debían poseer los árboles para ser asociados con café. A su vez se les indicaba que calificaran cada atributo según su importancia en escala de 0 al 5. Ninguno de los entrevistados mencionó más de 3 atributos y tampoco pudieron darle calificación a los atributos mencionados. Esta pregunta (Anexo 2, pregunta 25) se modificó seleccionando una serie de atributos de los árboles de los cuales los productores escogían sus preferencias.

La segunda pregunta que se modificó luego de la prueba piloto, se refería a cuáles eran las diferencias entre árboles nativos y exóticos. Los productores no entendían muy bien el concepto de "nativo" y "exótico" por lo que se decidió preguntarles si habían encontrado diferencias entre cafetales con árboles de la zona (nativos) y árboles traídos de afuera (exóticos) (Anexo 2, pregunta 22).

El cuestionario estuvo formado por 30 preguntas abiertas y cerradas (Anexo 2). En general las entrevistas requirieron un tiempo de 30 a 50 minutos para completarse. En la mayoría de los casos (87 de las 95 fincas), si el tiempo y disposición del caficultor lo permitía se realizaron recorridos en la finca con lo que se identificaron y caracterizaron especies arbóreas. Además se tomaron fotografías de os árboles y cafetales selectos.

Mediante el sondeo realizado a los caficultores se caracterizó el sistema café-árboles de la zona. Se obtuvo información general de las fincas entre ellas su tamaño aproximado, área sembrada de café, variedades de café y distancias de siembra del cultivo. Además se determinó el tipo de sombra (temporal, permanente, ambas) que utilizaban los productores en su cafetal. Sombra temporal se refirió a especies arbóreas que se utilizaban en los cafetales mientras se establecía la sombra permanente (*Musa* sp., *Carica papaya*). Sombra permanente se entendió por árboles que quedaban establecidos durante toda la vida del cafetal (por ejemplo, maderables).

Se recopiló información acerca de las especies de sombra que se utilizaban en los cafetales de la zona, su manejo, usos, ventajas y desventajas y la importancia de estas especies para el productor y su cafetal. Se elaboró un listado de las especies arbóreas presentes en los cafetales. No se estableció un número mínimo de árboles que debía tener el productor para que la especie se incluyera en el listado. Por tratarse de un estudio preliminar de selección de especies promisorias, no se puede correr el riesgo de dejar alguna especie por fuera y que pueda presentar potencial para

asociarse con café. Sin embargo para definir las especies más comunes en los cafetales se definió un número mínimo de individuos de la especie por hectárea. Este número se definió una vez que se promedió el área sembrada de café en las fincas. Debido a que en general los cafetales de la zona son pequeños con un promedio de 2 hectáreas, se decidió que al menos existieran 4 individuos de la misma especie por cafetal, es decir, un mínimo de 2 individuos por hectárea.

Se determinaron si existían diferencias entre tamaños de cafetales en cuanto al número de especies y tipos de especies (frutales, maderables y de servicio). Para ello, se identificaron tres clases de tamaño de cafetales: pequeños (0.5 a 1.9 ha), medianos (2.0 a 3.9 ha) y grandes (más de 4 ha). También se analizó si se presentaban diferencias entre los 10 distritos en cuanto al número de especies presentes. Así mismo se determinó si existían diferencias en el número de especies entre localidades "céntricas" y "alejadas". Se definió una localidad "céntrica" aquella que se encontraba localizada cerca de la cabecera del distrito y que eran de fácil acceso. Por ejemplo, localidades "céntricas" fueron El Recreo y San Juan Sur del distrito de Turrialba, localizadas a menos de 10 Km de la cabecera del distrito y que poseen vías de comunicación terrestre accesibles durante todo el año. Por otra parte, localidad "alejada" se refirió a aquellas comunidades que se encuentran alejadas de las cabeceras de distrito y que poseen vías de comunicación terrestre que no eran accesibles durante todo el año. Por ejemplo, la localidad de Grano de Oro de Tayutic que posee caminos que generalmente no son accesibles durante la estación lluviosa y que la mayoría de sus vías solamente puede ser transitada por vehículos de doble tracción.

Se logró conocer cuales fueron las preferencias (frutales, maderables, etc) de los productores acerca del uso de los árboles. Se establecieron cuáles fueron los factores que más influían en la decisión de diversificar cafetales y se conoció la opinión de los productores acerca de las ventajas y limitaciones de utilizar árboles nativos y exóticos en cafetales. Se obtuvo información acerca de árboles que se utilizaban en el pasado en cafetales, sus usos, ventajas y las razones por las cuales dejaron de ser utilizadas por los productores.

En la medida de lo posible los efectos de los árboles sobre el café mencionados por los productores fueron corroborados de manera visual. Por ejemplo, si el productor afirmaba que algún árbol competía por nutrientes con el café, se verificaba si los cafetos alrededor de éste árbol eran de menor vigor o presentaban síntomas de deficiencia de algún nutriente. Así mismo los cafetos bajo la influencia del árbol se compararon con otros cafetos que se encontraban a su alrededor. Es importante mencionar que por falta de tiempo y recursos no se realizaron inspecciones con un protocolo fijo para verificar los comentarios de los productores y por tanto, se debe partir del supuesto de que el caficultor reconoce los efectos de los árboles sobre el café correctamente. Sin

embargo, esto puede resultar riesgoso a menos que existan buenos indicadores y/o razones para creer.

3.2.2 Selección de Atributos Claves

Para seleccionar los atributos claves que determinan la compatibilidad árbol-café según la literatura se consultaron las bases de datos de la Biblioteca Orton de CATIE, International Center for Research in Agroforestry (ICRAF), Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica, centros de investigación de países productores de café, páginas de internet, entre otros. Con base en la información recopilada se realizó un listado de todos los atributos que han sido reportados en la literatura. Además se estudiaron ventajas, desventajas y características indeseables de los árboles en cafetales.

Para seleccionar los atributos claves según los productores en la encuesta fue incluida una pregunta (Anexo 2, pregunta 25) en la cual los caficultores escogían sus preferencias hacia atributos determinados. Además, se incluyó un ítem que era seleccionado si el atributo no tenía importancia para el productor. La lista de atributos incluyó 20 de las características de los árboles que han sido reportados en la literatura. La mayoría de los atributos se escogieron después de realizar el análisis de los datos obtenidos en la primera fase del estudio. Algunos otros atributos como el origen de los árboles y la contribución a la biodiversidad y el medio ambiente fueron incorporados por su importancia ecológica. Es importante mencionar que al seleccionar los atributos se tuvo presente que éstas fueran fáciles de identificar en campo por parte del productor.

3.2.3 Priorización de los atributos claves

La priorización de los atributos se aplicó tanto a los criterios claves seleccionados según la literatura como según los productores. Para priorizar los criterios se seleccionó una escala: (1) si el atributo no era importante en la zona, (2) si el atributo era de prioridad media y (3) si era muy importante en esta zona. Para asignar los pesos se realizó un análisis de las condiciones que son requisito para que un sistema agroforestal alcance sus efectos potenciales, y que según Jiménez y Muschler (2001) son la productividad, la sostenibilidad y la adoptabilidad. Por ejemplo, teniendo en cuenta la productividad del sistema, se asignó un valor de 3 a atributos relacionados con cumplir con funciones tales como proveer productos secundarios, reducir la necesidad de insumos externos y permitir una mayor eficiencia de la mano de obra. Además, para la priorización de los criterios se valoraron una serie de indicadores tales como: las condiciones climáticas y edáficas presentes en la zona, las preferencias de los productores hacia los atributos y la crisis actual que enfrenta la caficultura costarricense.

3.2.4 Selección de Árboles Nativos Promisorios

Para clasificar y seleccionar las especies nativas promisorias, se utilizó la lista de árboles mencionados por los productores durante las entrevistas. Esta lista estuvo compuesta por los árboles que se utilizaban actualmente en cafetales y árboles que se utilizaban en el pasado en cafetales.

Para la descripción de las especies además de lo reportado por la literatura (Sánchez-Vindaz, 1983; CATIE, 1994; Geilfus, 1994b; Holdridge *et al.*, 1997; Poveda *et al.*, 1997; Fournier y García, 1998; Jiménez, 1999; Poveda *et al.*, 1999; Zamora y Pennington, 2001) se tuvieron presentes las observaciones realizadas por los productores. Para describir los atributos de cada especie, se seleccionó una escala que no solamente bonificara a la especie por cumplir con el atributo, sino que también "castigara" a la misma por no cumplir con el atributo. De esta manera se calificó con "1" si la especie cumplía con el atributo y con "-1" si no lo presentaba (Cuadro 4). Además se incluyo un valor de "0" para aquellos atributos que se cumplían parcialmente. Estos son el caso de la velocidad de crecimiento de los árboles, el tamaño de las hojas, el tipo y la densidad de copa, el tipo de follaje y el origen de las especies (Cuadro 4). En el caso de algunos atributos tales como la profundidad del sistema radicular, la producción de materia orgánica y la facilidad de descomposición del material vegetativo, no se establecieron rangos determinados ya que en la mayoría de los casos la literatura no reporta datos numéricos. Por ejemplo, en muchos casos solamente se menciona que la especie posee sistema radicular profundo o superficial pero no se reporta su profundidad en alguna unidad de medida.

Para describir la velocidad de descomposición de las hojas también se tuvo presente la composición de las mismas ya que se ha demostrado que existe una relación entre la composición de la hoja y su velocidad de descomposición (Palm y Sánchez, 1991). Los valores asignados a la velocidad de crecimiento, tamaño de las hojas y el fuste, fueron asignados según lo reportado por autores como Zamora (1993, 2000), Geilfus (1994b) y Holdridge *et al.* (1997). Es importante mencionar que algunas de las características de las especies no han sido reportadas en la literatura (principalmente arquitectura de raíces, aporte de materia orgánica y descomposición de hojas) y que esto influyó en la posterior calificación de los árboles.

Una vez que se obtuvo la lista de árboles nativos se procedió a aplicar a cada uno de ellos la lista final de criterios con sus respectivos pesos para identificar las especies que cumplían con la mayoría de los atributos seleccionados (promisorias). La lista de criterios se obtuvo al complementar los atributos claves reportados por la literatura con los obtenidos según de los productores.

Cuadro 4. Valores y criterios utilizados para describir las especies según los atributos claves reportados por la literatura.

Atributo	-1	0	1
Velocidad de crecimiento	Lento	Medio	Rápido
	Frutales[1]:		
	> de 5 años	4-5 años	< o = a 3 años
	Maderables[2]:		
	< de 1m/año	1.1-1.8 m/año	> de 1.8 m/año
Tamaño de hojas (largo x ancho)	Grandes (> 20 x 15 cm)	Medianas (10-20 x 5-15)	Pequeñas (2-9 x 1-4)
Altura de fuste	Pequeño (5-14 m)	Mediano (15-24 m)	Grande (25-35m)
Facilidad de manejo	Difícil	----	Fácil
Tolerancia a podas	No tolera podas	----	Tolera podas
Capacidad de rebrote	Rebrota dificilmente	----	Rebrota fácilmente
Profundidad del sistema radicular	Superficial	----	Profundo
Fortaleza del sistema radicular	Débil	----	Fuerte
Densidad de copa (porcentaje de sombra que provee el follaje)	Densa (más del 80%)	Media (50-80%)	Rala (menos del 50%)
Forma de copa	Ancha	Media	Angosta
Tipo de follaje	Árboles caducifolios	Árboles semicaducifolios	Árboles Perennifolios o siempre verdes
Incorporación de materia orgánica	Baja	----	Alta
Facilidad de descomposición del material vegetativo	Difícil	----	Fácil
Capacidad de fijar nitrógeno	No	----	Si
Rectitud de fuste	Bifurcado	----	Recto
Fortaleza de ramas y tallos	Quebradizos	----	No quebradizos
Compatibilidad con el cafeto	No compatible	----	Compatible
Contribución con la biodiversidad y el medio ambiente	No	----	Si
Origen de los árboles	Exóticos	Naturalizados[3]	Nativos

1 = Años para empezar la producción de frutos

2 = Velocidad de crecimiento en promedio de altura por año.

Rica.

3.3 Análisis de los Datos

La información obtenida acerca de los atributos claves reportados en la literatura se resumió en una base de datos en la cual se introdujeron todos los criterios encontrados con sus respectivos autores. La información se analizó mediante análisis de frecuencia para cada atributo mencionado por los diferentes autores.

Para contrastar los atributos claves se seleccionaron los criterios más reportados en la literatura por diferentes autores. La mayoría de atributos se escogieron mediante análisis de frecuencia según fueron reportados en la literatura, y algunos otros se adicionaron debido a su importancia ecológica. Esta lista se comparó con los datos obtenidos en las encuestas acerca de las preferencias de los productores en cuanto a las características de los árboles (Anexo 2, pregunta 25). Los datos de esta pregunta fueron analizados mediante análisis de frecuencia con el programa estadístico SAS.

Los datos obtenidos en las entrevistas se codificaron y se introdujeron en una base de datos. En el caso de preguntas abiertas se establecieron rangos de respuestas que posteriormente fueron codificados y analizados. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de frecuencia con el programa estadístico SAS. Luego del análisis, los datos fueron transformados a resúmenes y tablas para su posterior discusión.

Para priorizar las especies el análisis se dividió en dos partes: la primera se realizó mediante una descripción de las especies las cuáles fueron introducidas en una matriz contra los atributos claves seleccionados. La segunda parte consistió en la asignación de pesos a cada atributo con la consecuente calificación de cada especie.

Una vez finalizada la matriz de descripción con los correspondientes valores de –1, 0 y 1, se aplicó el valor de peso correspondiente (1, 2 y 3) a cada criterio, se llevó cabo una sumatoria por especie y se realizó la priorización final de las especies según la calificación obtenida. De esta manera, la calificación de cada especie fue igual a la sumatoria del producto de la descripción por el peso de todos los atributos clasificados como claves.

$$CALIFICACIÓN = \sum (descripción_{atributo} * peso_{atributo})$$

Por último, se comparó si existían diferencias entre las especies seleccionadas utilizando la lista de atributos de los productores vs. la literatura. Para escoger la calificación mínima que debía poseer una especie promisoria, se tomó como base la calificación que tuvo la mejor especie de cada tipo. Luego se seleccionaron aquellas especies que obtuvieron hasta un 20% menos de calificación que la especie más promisoria en cada tipo de uso. Por ejemplo, en el caso de especies maderables y

frutales donde las calificaciones mayores fueron 83% y 74% respectivamente, se seleccionaron aquellas que tuvieron una calificación mayor al 60% y el 50% respectivamente. En el caso de árboles de servicio donde la calificación mayor fue de 98% se seleccionaron las especies con porcentaje mayor al 80.

4. RESULTADOS

4.1 Diversidad arbórea de los cafetales

4.1.1 Caracterización y composición del sistema

Se entrevistaron 95 caficultores en 10 distritos de la zona Cafetalera Atlántica de Costa Rica (Cuadro 5). Las edades de los productores entrevistados fueron de 20 a 80 años. A excepción de dos caficultores los 93 restantes eran dueños de las fincas. La mayoría de los entrevistados fueron hombres (85) y el restante 10 mujeres. Un 71% de los productores no había recibido capacitación acerca del asocio de árboles con café.

Cuadro 5. Distritos donde se realizó el estudio y el número de caficultores entrevistados por distrito.

Distrito	Número de entrevistados	% de la población por distrito
Pavones	12	12.6
Pejibaye	9	9.5
Peralta	2	2.1
La Suiza	13	13.7
Tayutic	10	10.5
Santa Teresita	17	17.9
Tres Equis	5	5.3
Tucurrique	2	2.1
Tuis	3	3.2
Turrialba	22	23.2
Total	95	100

El tamaño promedio de las fincas fue de 3.5 hectáreas con una variación entre 0.5 y 52 hectáreas y una mediana de 2 hectáreas. El área de café sembrado varió entre 0.5 y 11 hectáreas con un promedio de 2.4 hectáreas y una mediana de 1.8 hectáreas. El área no sembrada de café estaba sembrada con cultivos como maíz, frijol, ayote, chayote, ñame y yuca. Además en algunas fincas existieron áreas de barbecho y otras dedicadas a potreros.

La variedad de café predominante en todos los cafetales fue Caturra seguida por CR-95 y Catuaí. Se mencionaron otras variedades sembradas en menor porcentaje como Villalobos, Arábigo-Criollo,

Híbrido Tico y Catimor. La distancia de siembra de los cafetos fue muy variable; los espaciamientos más frecuentes fueron 2,0 x 1,0 m (23 productores); 1,5 x 1,0 m (18 productores) y 2,0 x 1,5 m (15 productores).

Composición de los cafetales

Según los productores entrevistados, 25% de los cafetales de la zona se encontraban bajo un asocio de sombra permanente de árboles, 8% utilizaban asocio de sombra temporal y un 66% de los caficultores utilizaban ambos tipos de sombra en sus cafetales. En total se encontraron 62 especies arbóreas, arbustivas y musáceas en los cafetales de la zona Atlántica de Costa Rica (Anexo 3). Las especies encontradas pertenecían a 34 familias y 48 géneros. Basado en el número de especies la familia más importante fue la Rutaceae con un total de 8 especies (Cuadro 6).

Cuadro 6. Familias más importantes encontradas en los cafetales según el número de especies mencionadas por los productores.

Familia	Número de especies
Rutaceae	8
Anacardiaceae	4
Lauraceae	4
Myrtaceae	4
Musaceae	3

La especie más abundante en los cafetales fue el Poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook), mencionada por el 83% de los entrevistados. Las otras especies más comunes en las fincas de más del 50% de los entrevistados fueron el Laurel (*C. alliodora*), la Naranja dulce (*Citrus sinensis* (L.) Oebeck) y el Banano (*Musa* sp.) (Cuadro 7).

Según la clasificación de Sánchez-Vindas y Poveda (1997), 40 de los árboles presentes en los cafetales fueron especies de bosque secundario, 16 especies de bosque primario y 10 de pastizal arbolado (Anexo 4).

Entre las 29 especies de árboles maderables identificadas por los caficultores, una especie conocida como Cipresillo (*Podocarpus guatemalensis* Standl.) es clasificada según Jiménez y Poveda (1996) y Sánchez-Vindas y Poveda (1997) como rara o en peligro de extinción. Ésta especie fue encontrada solamente en dos fincas de la zona. Además de ésta, otras siete especies se clasificaron como escasas. (Figura 3, Anexo 4).

Cuadro 7. Las 10 especies más comunes encontradas en los cafetales de la zona Atlántica, según los productores entrevistados. Los números representan el número de caficultores que mencionaron la especies (n = 95).

N	Nombre Común	Nombre Científico	Presencia en fincas	
			#	%
1	Poró gigante	*Erythrina poeppigiana*	79	83
2	Laurel	*Cordia alliodora*	58	61
3	Naranja	*Citrus sinensis*	55	58
4	Banano	*Musa* spp.	50	53
5	Limón dulce	*Citrus limetta* Risso	32	34
6	Mandarina dulce	*Citrus reticulata* Blanco	29	30
7	Cas	*Psidium friedrichsthalianum*	26	27
8	Pejibaye	*Bactris gasipaes* Kunth	25	26
9	Limón ácido	*Citrus aurantifolia* (Cristm.) Swingle	25	26
10	Guaba	*Inga* sp.	23	24

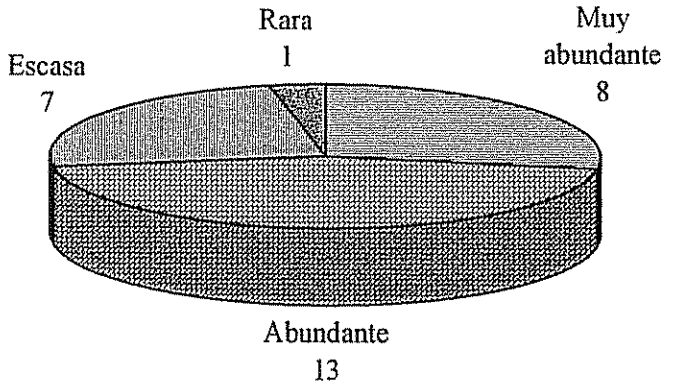


Figura 3. Estado actual de los árboles maderables encontrados en los cafetales según la abundancia de éstas especies en Costa Rica. Los números representan el número de especies que corresponde a la clasificación según Jiménez y Poveda (1996) y Sánchez-Vindas y Poveda (1997).

Diversidad de especies arbóreas en los cafetales

Las estadísticas descriptivas de la diversidad de especies encontradas por cafetal y por hectárea se resumen en el cuadro 8. Se encontró un promedio de ocho especies por cafetal incluyendo arbóreas, arbustivas y musáceas. La mayoría de las especies encontradas en los cafetales fueron frutales para un promedio de seis por cafetal. Por el contrario, el número de especies maderables y de servicio presentes en las fincas fue muy bajo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Estadística descriptiva para el total de especies (sp), especies frutales, maderables y de servicio encontradas en los cafetales de la zona. Valores calculados por área de café y por hectárea con n = 95.

	Promedio	Mínimo	Máximo	Mediana
Sp /cafetal	8	1	26	7
Sp./ha	5	0	16	4
Sp. Frutales/cafetal	6	0	20	5
Sp. Frutales/ha	3	0	11	2
Sp. Maderables/cafetal	1	0	5	1
Sp. Maderables/ha	1	0	3	1
Sp. de servicio/cafetal	1	0	3	1
Sp. de servicio/ha	1	0	2	1

Diversidad de especies según el tamaño del cafetal

Según el tamaño de las plantaciones de café de la zona se distinguieron tres clases de cafetales: pequeños (0.5 – 1.9 ha) con una densidad promedio de 6603 plantas/ha de café, medianos (2.0 – 3.9 ha) con una densidad de 4642 plantas/ha y grandes (más de 4 ha) con 6202 plantas/ha. Al comparar el número de especies presentes en el área total de café según el tamaño de las plantaciones, se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($\alpha < 0.05$) entre cafetales medianos y grandes. Del mismo modo, al contrastar el número de especies por hectárea por cafetal (sp/ha/caf) se observó una disminución en el número de especies por hectárea conforme aumentó el tamaño de los cafetales (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio de especies arbóreas totales, especies frutales, maderables y de sombra encontradas por área de café y por hectárea en cafetales de diferentes tamaños.

Clases de tamaño de finca (ha)	Número de fincas	Especies por cafetal				Especies por hectárea			
		Frutales	Maderables	Sombra	Total	Frutales	Maderables	Sombra	Total
0.5 – 1.9	50	6 a	1 b	1 a	8 ab	5 a	1 a	1 a	6 a
2.0 – 3.9	30	6 a	1 b	1 a	10 a	3 b	1 a	1 a	4 b
> 4.0	15	3 a	2 a	1 a	5 b	1 c	0 a	0 b	1 c

Promedios en la misma columna con igual letra no difieren significativamente (Duncan $p<0.05$)

Al comparar las especies frutales presentes en los cafetales no se obtuvieron diferencias significativas entre el número de especies frutales por cafetal en plantaciones de diferentes tamaños. Sin embargo, el número de especies frutales por hectárea disminuyó significativamente conforme aumentó el tamaño de los cafetales (Cuadro 9). Cuando se comparó el promedio de especies maderables presentes en cafetales de distinto tamaño se obtuvieron diferencias significativas entre cafetales pequeños y cafetales grandes. Sin embargo, en este caso la tendencia fue contraria a la obtenida en frutales. Aunque el número promedio de especies maderables en los cafetales fue bajo, los cafetales grandes presentaron un número mayor de especies maderables (dos) en comparación con cafetales pequeños (una) (Cuadro 9). Con respecto a las especies de servicio se encontró que los cafetales de la zona, cualquiera que sea su tamaño, poseían en promedio solamente una especie la cual generalmente cumplía la función de dar sombra a los cafetos.

Diversidad de especies arbóreas según el distrito

Comparando el número de especies presentes en los cafetales de los diferentes distritos de la zona, el distrito con mayor diversidad fue Peralta (15 especies) y el de menor diversidad fue Tres equis (cinco especies) (Cuadro 10). El análisis entre distritos reveló una diferencia significativa entre el grupo de Tayutic y Tres Equis que tenían un máximo de seis especies y los otros distritos con siete a 15 especies (Cuadro 10). Por otra parte, no se detectaron diferencias significativas en el número de especies entre localidades clasificadas como "céntricas" y aquellas que se encuentran más alejadas de la cabecera de cada distrito (Cuadro 11).

Cuadro 10. Promedio de especies arbóreas encontradas en los cafetales de los distritos de la zona cafetalera Atlántica, Costa Rica.

Distrito	Número de fincas	Número de especies
Peralta	2	15 a
Tucurrique	2	14 ab
Pavones	12	10 abc
La Suiza	13	8 abc
Tuis	3	8 abc
Turrialba	22	8 abc
Pejibaye	9	8 abc
Santa Teresita	17	7 abc
Tayutic	10	6 bc
Tres Equis	5	5 c

Promedios en la misma columna con igual letra no difieren significativamente (Duncan $p<0.05$)

Cuadro 11. Diversidad promedio de especies arbóreas encontradas en localidades "céntricas" y "alejadas" de las cabeceras de los distritos. Zona cafetalera Atlántica, CR.

Clase de localidad	Número de fincas	Total especies	Especies frutales	Especies maderables	Especies de sombra
Céntrica	48	8 a	5 a	1 a	1 a
Alejada	47	8a	6b	1a	1a

Promedios en la misma columna con igual letra no difieren significativamente (Duncan $p<0.05$)

4.1.2 Usos y propiedades de las especies

Usos y propiedades de las especies según la literatura

Entre las especies encontradas en los cafetales (62) la literatura reporta una gran diversidad de usos y propiedades. Entre las más importantes se encontró que el 55% de las especies son frutales de consumo humano, 50% de las especies producen frutos que son consumidos por animales silvestres, 47% son especies maderables y 44% poseen propiedades medicinales. Además un 39% de las especies se consideraron como ornamentales debido a características especiales como su forma de copa (*Calophyllum brasiliense* Cambess, *Sacoglottis trichogyma* Cuatrec.) o por sus flores atractivas y vistosas (*Spathodea campanulata* Beauv., *Tabebuia rosea* (Vertol.) DC.) (Cuadro 12, Anexo 5).

Cuadro 12. Usos más importantes de las especies encontradas en los cafetales según la literatura. Los números representan el número de especies que correspondió a cada uso (n = 62).

Tipo de Uso	#	%
Consumo humano	34	54.8
Consumo faunístico	31	50.0
Maderables	29	46.7
Medicinales	27	43.5
Ornamentales	24	38.7
Forrajeras	19	30.6
Leñosas	18	29.0
Sombra	8	12.9

Usos y propiedades de las especies según los productores

Según el uso que le daban los caficultores a los árboles, se encontró que del total de especies (62) más del 50 % fueron especies cuyos frutos eran de consumo familiar. De estas 34 especies, 14 proveían ingresos económicos a la familia por la venta de sus frutos. Entre las 15 especies utilizadas por los productores para la obtención de madera, 6 eran usadas para construcciones caseras y 3 para la venta. Algunas especies eran utilizadas exclusivamente para proveer sombra al cafetal (8) y/o para obtener leña (7) (Anexo 6).

Entre los caficultores, las frutas de mayor consumo (mencionadas por más del 50 % de los productores) fueron la naranja y el banano. Las frutas más vendidas fueron la naranja, el cas y el limón ácido. El laurel fue la especie más utilizada (58) para la obtención de madera, para construcciones caseras y la venta. Otra especie maderable de importancia para 21 caficultores fue el cedro amargo (Anexo 6).

El poró fue la especie más utilizada como sombra en el 80% de las fincas. Esta fue considerada como la especie más propicia para dar sombra al café, sobre todo por su aporte de nitrógeno al suelo, la incorporación de materia orgánica y la rápida descomposición de sus hojas. Además se mencionó que es una especie de fácil manejo (soporta podas y rebrota fácilmente). La guaba fue la especie más utilizada para leña según 23 productores entrevistados. Otros árboles usados para leña por un menor número de productores fueron el aguacate (*Persea americana* Miller) y la fruta de pan (*Artocarpus communis* Forst.). Solamente cuatro especies el güitite (*Acnistus arborescens* L.), el chumico (*Pourouma bicolor* Mart.), el guarumo (*Cecropia obtusifolia* Bertol.) y el laurel (*C.*

alliodora) fueron importantes para 8 productores como fuente de alimento y refugio para fauna silvestre (Anexo 6).

4.1.3 Especies nativas y exóticas

Se encontraron en promedio siete especies nativas y una exótica por cafetal, es decir, existe una relación de nativas:exóticas de 7:1. Según Geilfus (1994b) de las 62 especies encontradas en los cafetales 40 fueron nativas de Centroamérica y 22 fueron especies introducidas de otras regiones y continentes (Anexo 4). De las 40 especies nativas, 20 eran especies maderables, 13 eran especies frutales, 3 eran especies de sombra y 4 eran especies utilizadas para otros fines.

Se percibió una clara preferencia de los caficultores hacia las especies "nativas". Según los productores las principales ventajas al tener árboles nativos en los cafetales fueron que son localmente aceptadas y se adaptan bien a las condiciones de la zona. Es importante anotar que entre las 22 especies clasificadas por la literatura como "exóticas", 15 fueron consideradas por los productores como "nativas". El productor conoce la diferencia entre el concepto de árbol "nativo" y "exótico". Saben que "nativos" son árboles propios de la zona y que "exóticos" son los árboles "traídos de afuera". Sin embargo, árboles que conocen desde hace muchos años y que también usaban sus padres y abuelos eran considerados como "nativos". Ejemplos de ellos son los cítricos, las musas y la fruta de pan. Entre las pocas especies que fueron consideradas por los productores como exóticas estuvieron *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., *Tectona sp.* y *Casuarina* sp.

4.1.4 Selección, establecimiento y manejo de la sombra

Selección de las especies

Los productores estaban conscientes de que los precios del café probablemente se mantendrían bajos en los años venideros y que actualmente en Costa Rica éstos ni siquiera pagaban los costos de producción. De esta manera para seleccionar los árboles para sus cafetales, más del 50% de los productores indicaron que escogían especies que les proveyeran de productos secundarios indiferentemente de cuales fueran (madera, leña, frutas, sombra, etc). Las especies seleccionadas debían brindarles productos adicionales para autoconsumo y/o ingresos adicionales ya fuera a presente con la venta de frutos, o a futuro mediante el aprovechamiento de los árboles maderables. Del mismo modo, otro 33% de los productores preferían seleccionar solamente especies frutales principalmente para consumo familiar por ejemplo el banano (*Musa* sp.), el cas (*P. fridriechsthalianum*) y los cítricos (*Citrus* sp). Los frutos que sobraban una vez satisfecha la demanda familiar eran vendidos principalmente a vecinos de su localidad.

Un menor porcentaje de caficultores escogieron árboles principalmente por los beneficios directos sobre el cafetal por ejemplo: árboles que le brindaran sombra a la plantación, que mejoraran la fertilidad del suelo y que no causaran daños sobre el cafeto. Otros productores seleccionaban cuáles árboles sembrar principalmente por tradición familiar o por recomendaciones de ingenieros. Estos productores difirieron de las decisiones anteriores en que su principal objetivo no es la obtención de productos y/o beneficios adicionales, sino que simplemente se decidían por árboles que conocen y saben que no causan daños sobre el cafetal (Figura 4).

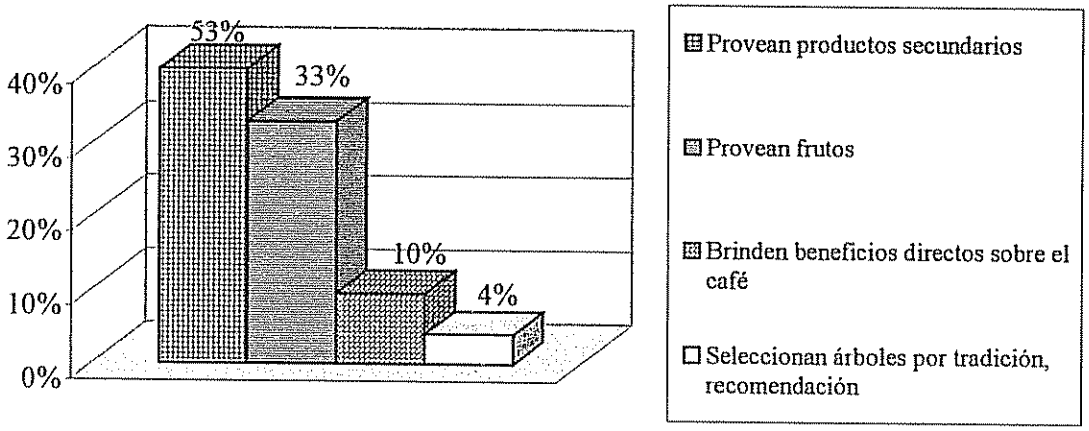


Figura 4. Criterios utilizados por los productores para escoger árboles para su cafetal (n = 95).

Establecimiento de la sombra

Los caficultores utilizaron diferentes maneras de establecer la sombra dependiendo de las especies. La mayoría de los entrevistados (89.5%) introdujeron los árboles frutales y de servicio, principalmente el poró (*E. poeppigiana*), luego de que los cafetales habían sido sembrados. En el caso de árboles maderables, el 82% de los productores indicaron que la mayoría de ellos se establecieron naturalmente en sus cafetales. No obstante algunos frutales como la guayaba (*Psidium guajava* L.), el jocote (*Spondias purpurea* L.), el cas (*P. friedrichsthalianum*), y leñosas como las Ingas también se establecieron naturalmente (Figura 5).

Entre los caficultores que mencionaron que la sombra se estableció naturalmente en su cafetal, el 87 % señalaron que ellos permitían que solamente algunos árboles se establecieran en su cafetal mientras que cortaban los demás. Para decidir cuáles árboles cortar y cuáles dejar en el cafetal, los productores en general (66 %) se decidían por árboles sanos y de buen porte (grandes, gruesos y rectos). Algunos agricultores (15 %) dijeron que cortaban los árboles que se encontraban muy cerca

entre sí y otros (6 %) mencionaron que debían cortar los árboles que nacían muy cerca de los cafetos. Algunos caficultores (13%) indicaron que ellos dejaban que todos los árboles que nacieran en su cafetal se establecieran. Entre las razones para hacerlo mencionaron que para ellos ningún árbol causa problemas al cafetal y que una finca sin árboles no tiene valor.

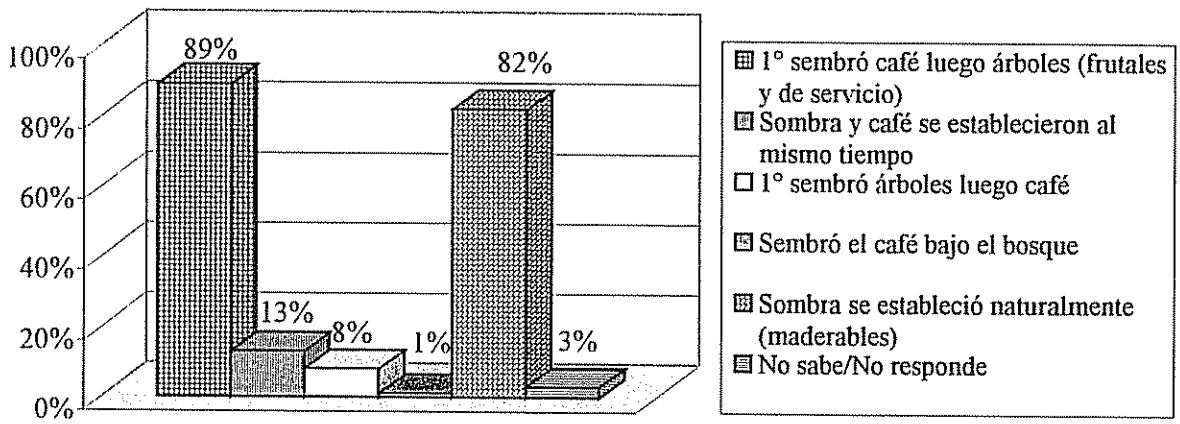


Figura 5. Establecimiento de la sombra en los cafetales de la zona. El número representa el número de productores relacionado con cada ítem.

El establecimiento natural de la sombra depende en gran medida de la capacidad de regeneración y los mecanismos de dispersión los cuales determinan la capacidad de colonización de las especies. Entre las especies que se regeneraban naturalmente en los cafetales de la zona, se encontraron especies anemócoras, es decir, dispersadas por el viento y barócoras (dispersadas por la gravedad). Algunas otras eran dispersadas por animales, entre ellas las zoócoras (dispersadas por animales terrestres), las quiropterócoras (dispersada por murciélagos) y las ornitoquiropterócoras que son dispersadas por aves, murciélagos y mamíferos (Vásquez-Yanes *et al.*, 1999). En los últimos tres mecanismos la fauna juega un papel muy importante en la dispersión de las especies (Cuadro 13)

Cuadro 13. Mecanismos de dispersión de algunos de los árboles presentes en los cafetales y ejemplos de algunos animales dispersores según Vásquez-Yanes *et al.*, 1999.

Especie	Mecanismo de dispersión	Ejemplos de animales dispersores
Cordia alliodora	Anemócora	---
Cedrela odorata	Anemócora	---
Inga jinicuil Harms.	Barócora	---
Spondias purpurea	Zoócora	Coyotes, zorros, iguanas
Carapa guianensis Aubl.	Zoócora	Roedores
Calophyllum brasiliense	Quiropterócora	Murciélagos
Cecropia obtusifolia	Ornitoquiropterócora	Murciélagos frugíveros (*Artibeus jamaicensis*), mamíferos como primates (*Ateles geoffroyi*), marsupiales y roedores
Psidium guajava	Ornitoquiropterócora	Aves y murciélagos
Pouteria zapote	Ornitoquiropterócora	---
Ficus sp.	Ornitoquiropterócora	Monos

Manejo de la sombra

El 89 % de los agricultores indicaron que realizaban algún tipo de práctica o labor sobre los árboles (Figura 6). En términos generales, los árboles frutales por ejemplo los cítricos eran podados en el centro (abiertos) para incrementar su producción (según el 25% de los agricultores). Esta misma práctica se realizaba sobre otros árboles como el aguacate (*P. americana)*, manzana rosa (*Syzygium jambos)*, manzana de agua (*Syzygium malaccensis),* y la guanábana (*Annona muricata* L.*)*. Pocos agricultores (4%) mencionaron fumigar los frutales con agroquímicos. Para los maderables, la labor más mencionada (según el 19% de los caficultores) fue la poda de los árboles para aumentar la entrada de luz en los cafetales. Además, se encontró que el 8 % de los caficultores podaban los árboles de laurel (*C. alliodora)* a pesar de que estaban conscientes que éste árbol posee autopoda. Según estos productores con la poda del laurel se evita la caída repentina de ramas que causan daños sobre el cafeto. Los productores en general mencionaron que ellos utilizaban parte del abono para los árboles cuando fertilizaban sus cafetales.

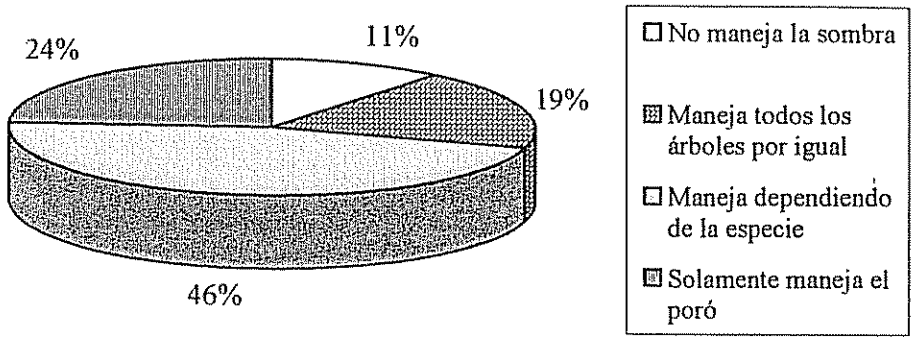


Figura 6. Manejo de la sombra en los cafetales de la zona.

La densidad de árboles presentes en los cafetales según los caficultores varió entre 11 a 625 por hectárea con una distancia entre árbol de 4 m a 30 m. La densidad de árboles maderables según el 24 % de los productores varió de 25 a 400 árboles por hectárea y para frutales (según el 19 % de los caficultores) varió de 11 a 625 árboles por hectárea. Tres productores no supieron indicar a que distancia se encontraban sus árboles

La mayoría de los caficultores (88 %) consideraron las distancias entre sus árboles como apropiadas. La principal razón para esta afirmación fue que según el 71 % de ellos el número de árboles presentes en su cafetal no causaba daños a los cafetos ni a su producción. Algunos (27 %) afirmaron que los árboles estaban a una distancia correcta porque no proveían sombra excesiva al cafetal. Un 7 % mencionaron que la distancia de sus árboles era la apropiada porque se disminuían los daños por gotera, el suelo era más fértil y el cafeto presentaba un follaje más verde y vigoroso.

4.1.5 Ventajas y desventajas de árboles en cafetales según los productores

En el cuadro 14 se resumen los efectos positivos y negativos de los árboles sobre el café según los productores de la zona. La mayoría de los caficultores (97%) percibieron efectos positivos de los árboles de sombra sobre su cafetal. En total se mencionaron 17 diferentes beneficios que brindan los árboles al productor y su plantación. El beneficio más importante mencionado por el 50 % de los entrevistados fue el mayor control de malezas con la presencia de los árboles. Además, el 16 % de los productores indicaron que no solamente existe un menor número de malezas sino que las malezas presentes son menos agresivas y por tanto más fáciles de manejar (Cuadro 14).

El mejoramiento de la fertilidad del suelo fue considerado como otro de los beneficios más importantes de los árboles. Ejemplos de ello son que existe una mayor incorporación de materia orgánica y de nitrógeno al suelo. Por otro lado, el productor se beneficia con productos secundarios los cuales también pueden representar un ingreso adicional para la familia (Cuadro 14).

El 58 % de los entrevistados consideraron que los árboles de sombra también producen efectos negativos sobre el café (Cuadro 14). La mayoría de ellos indicaron que la mayor desventaja es que favorecen la aparición de enfermedades, sobre todo Ojo de Gallo (*Mycena citricolor* (Berk et Curt) Saac), Roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) y Koleroga (*Pellicularia koleroga* Cook.) anotados por el 19 %, 5 % y 4 % de los productores respectivamente. Es importante mencionar que estos productores no fueron los mismos que señalaron como beneficio de los árboles la disminución en la aparición de enfermedades tales como el Ojo de Gallo. Además, el 36 % de los caficultores percibieron que la presencia de árboles puede disminuir la producción de café (Cuadro 14).

La mayoría de los caficultores también lograron mencionar beneficios y limitaciones de árboles específicos. Por ejemplo, aunque el poró fue la especie de sombra más utilizada por los productores (83 %), algunos de ellos (17 %) estuvieron concientes de que ésta especie presentaba algunas limitaciones. Se mencionó que se causaban daños al café al realizar las podas y que el árbol se "tupe" en muy poco tiempo.

Algunos caficultores también aseguraron que árboles como el laurel (*C. alliodora*), utilizados por más del 50 % de los productores, también producen efectos dañinos sobre el cafetal por la caída repentina de sus ramas y sobre todo durante el aprovechamiento de la madera. No obstante (aunque no fue cuantificado), ellos afirmaron que estos daños se compensaban por el ingreso adicional que representaba la venta de madera.

Cuadro 14. Efectos positivos y negativos del dosel en cafetales según los caficultores. El porcentaje indica porcentaje de productores relacionados con cada ítem con n = 92 para efectos positivos y n = 55 para efectos dañinos. Ejemplos según los productores.

Efecto Positivo	**(%)**	**Ejemplos**
Controlan malezas	50	*E. poeppigiana, Inga* sp.
Incorporan materia orgánica al suelo	48	*C. alliodora, Inga* sp.
Algunos incorporan de nitrógeno al suelo	33	*G. sepium, E. poeppigiana*
Representan un ingreso adicional	26	*C. alliodora, Citrus* sp.
Proveen sombra al cafetal	25	---
Contribuyen a la protección del suelo (control de erosión, control humedad, cobertura vegetal, etc)	18	*A. muricata, P. guajava*
Proveen productos secundarios (madera, frutos, leña, etc)	16	*Citrus* sp., *Inga* sp., *C. odorata*
Cafetales con menos malezas agresivas	16	*Inga* sp., *A muricata*
Proveen un microclima más moderado	15	*A. muricata, C. spectabilis*
Pueden mejorar la calidad del café	11	*C. spectabilis*
Contribuyen a la biodiversidad y el medio ambiente	9	*C. obtusifolia, A. arborescens*
Reducen el requerimiento de insumos (fertilizantes, herbicidas)	8	---
Pueden disminuir la aparición de enfermedades (i.e. *Mycena citricolor*)	8	*C. alliodora, C. odorata*
Contribuyen a madurar el café más uniformemente	6	*C. spectabilis*
Disminuyen el desgaste y agotamiento de los cafetos	3	---
Reducen los costos de producción	2	---
Los granos de café no se queman	1	---
Efectos dañinos		
Pueden favorecer la aparición de enfermedades (i.e. *Mycena citricolor*)	85	*C. alliodora, Citrus* sp.
Pueden disminuir la producción de café	36	*C. sinensis, C. reticulata*
Pueden causar daños por la gotera	9	*C. alliodora*
Pueden robar nutrientes al café (competencia)	7	*C. sinensis, Pinus* sp.
Raíces pueden afectar al cultivo	7	*B. gasipaes, Pinus* sp.
Pueden proveer mucha sombra al cafetal	5	*A. communis, S. trichogyma*
Pueden causar daños al extraer la madera	2	*C. odorata, C. alliodora*
Retienen demasiada humedad	2	*E. poeppigina*
Contribuyen a que el café madure más lento	2	---

4.1.6 Árboles nativos utilizados en el pasado como sombra de café

La mayoría de productores entrevistados (92 %) recordaron árboles que se utilizaban hace más de 20 años en cafetales de la zona. En total se encontraron 35 especies pertenecientes a 33 familias (Anexo 7). En términos del número de especies, la familia más importante fue la Fabaceae con un total de 9 diferentes especies del género Inga (Cuadro 15).

Cuadro 15. Especies de la familia Fabaceae utilizadas en el pasado en cafetales según los productores de la zona. El número representa los productores que mencionaron la especie (n = 87).

Nombre común	Nombre científico	#
Guaba	*Inga thibautiana*	47
Guaba chilillo	*Inga edulis*	18
Cuajiniquil negro	*Inga marginata*	13
Juaniquil	*Inga punctata*	11
Guaba blanco	*Inga sp.*	10
Guaba caite	*Inga jinicuil / Inga densiflora*	8
Guaba colorada	*Inga alba*	6
Guaba peluda	*Inga oerstediana*	3
Guaba cuadrada	*Inga sapinioides*	3

Entre las especies mencionadas por los caficultores se encontró que 18 habían sido utilizadas en el pasado como fuente de leña y 14 como sombra en cafetales. Además siete de las especies eran maderables y 11 árboles frutales (Anexo 8).

Según los productores, los árboles más importantes como fuente de leña habían sido las especies del género Inga. Entre ellas, la más importante (mencionada por 28 caficultores) fue la guaba (*I. thibautiana*). Esta misma especie fue considerada por los productores como la sombra más utilizada en el pasado en cafetales. Algunas otras especies utilizadas para este mismo propósito fueron la guaba chilillo (*I. edulis*) y la vainilla (*Cassia spectabilis* DC.) según el 16 % y el 14 % de los productores respectivamente (Anexo 8).

Entre las especies frutales más utilizadas se encontraban la naranja dulce (*C. sinensis*), el banano (*Musa* sp.) y el limón dulce (*C. limetta*). Entre las maderables, el cedro amargo (*C. odorata*) fue la especie más utilizada según los productores. Además, se encontraron otras tres especies que habían sido utilizadas con otros fines: el burío (*Heliocarpus* sp), que se utilizaba para separar impurezas provenientes de la caña en los trapiches; el itabo (*Yucca guatemalensis* Hort. ex Baker) cuya flor es

comestible y el güitite (*A. arborescens*) que era fuente de alimentos para animales silvestres (Anexo 7).

Existieron diferentes razones por las cuales los productores piensan que algunos árboles dejaron de ser utilizados en cafetales. La introducción del árbol de poró (según el 33 % de los productores) fue la principal razón por la que 13 de las especies indicadas fueron eliminadas de las plantaciones de café. Por ejemplo, del 49 % de los caficultores que mencionaron la guaba, el 43 % de ellos opinaron que la llegada del poró reemplazó el uso de esta especie. Algunos productores (26 %) mencionaron que ellos eliminaron la sombra de sus cafetales por recomendación de ingenieros de aquel entonces. También se mencionó que con el establecimiento de la electricidad no se necesitó más el uso de árboles leñosos. Por tanto, especies del género Inga y otras como el madero negro (*G. sepium*) dejaron de ser utilizadas en cafetales. Otros productores (16 %) dijeron desconocer las razones por las que algunos árboles desaparecieron de sus cafetales.

Algunos otros árboles dejaron de ser parte de los cafetales por diferentes razones. Por ejemplo, según 5 productores el anonillo (*Rollinia pittieri* Saff.) no se utilizó más por poseer madera de baja calidad y ser un árbol muy frondoso que provee demasiada sombra al cafetal. El burío (*Heliocarpus* sp.) y el ira (*Ocotea* sp.) dejaron de utilizarse porque según los productores son de muy difícil establecimiento.

4.2 Atributos claves que determinan la compatibilidad de los árboles con café

4.2.1 Atributos claves según la literatura

Según la literatura se han registrado 45 diferentes atributos deseables que deben poseer los árboles para su asocio con café (Anexo 9). Entre los atributos se mencionaron características de crecimiento y establecimiento de los árboles; atributos de compatibilidad y arquitectura, por ejemplo: forma y tamaño de la copa, tamaño de hojas, características de la raíz, propiedades dañinas (hospedero de plagas y enfermedades) y características del follaje (permanente o caducifolio). También se mencionaron características propias de la fisiología y manejo de los árboles, su capacidad de proveer productos secundarios y las funciones ecológicas que éstos puedan proveer. Además se identificaron algunas cualidades propias a árboles maderables y de servicio.

Según la frecuencia con que fueron mencionados los atributos, la característica más citada en la literatura que debe poseer un árbol para ser asociado con café fue la capacidad de fijar nitrógeno (según 10 publicaciones). Además de ésta existen otros criterios que también fueron considerados

de importancia (según 6 o más publicaciones) y que están relacionados con el crecimiento, arquitectura y compatibilidad de los árboles con el café (Cuadro 16).

En la literatura consultada también se listaron algunos atributos de los árboles que solamente han sido mencionados una vez. Entre ellos se destacaron todos los criterios relacionados con funciones ecológicas que puedan cumplir los árboles (fomentar el control biológico, conservación y fertilidad de suelos, proveer hábitat para aves) (Anexo 9).

Cuadro 16. Atributos deseables de mayor mención en la literatura que deben poseer los árboles para ser asociados con café. El número representa el número de publicaciones en las cuales se mencionó el atributo (n=11).

Atributo	**No. de publicaciones**
Capacidad de fijar nitrógeno	10
Rápido crecimiento	9
Sistema radical profundo	9
Ramas y tallos no quebradizos	8
No susceptible a plagas y enfermedades	7
Copa abierta	7
Compatible con el cultivo	6
No es hospedero de insectos patógenos	6
Sin efectos alelopáticos	6

4.2.2 Atributos claves según los productores

Las características de los árboles que fueron preferidas por los productores de la zona (mencionados por más del 50 %) fueron las siguientes:

1. Crecimiento rápido
2. Fácil manejo
3. Tolera podas fuertes (en el caso de árboles de servicio)
4. Rebrota fácilmente (árboles de servicio)
5. Sistema radical profundo
6. Sistema radical fuerte
7. Copa rala
8. Copa angosta en árboles maderables y copa que se extienda hacia los lados en árboles frutales.*

9. Pierde el follaje en alguna estación del año
10. Alta producción de materia orgánica
11. Fijación de nitrógeno
12. Provea productos secundarios
13. Fuste recto, no bifurcado (en árboles maderables)
14. Fuste alto (en árboles maderables)
15. Ramas y tallos no quebradizos
16. Compatible con el cultivo
17. Contribuya a la biodiversidad y el medio ambiente
18. Nativos de la región

* Las preferencias por estos criterios estuvieron divididas, no llegaron al 50%.

De los 95 productores entrevistados, la mayoría opinaron que para que un árbol pudiera ser asociado con café debía ser de rápido crecimiento (Figura 7). Según ellos si el árbol cumplía con este atributo se podían obtener beneficios tales como la obtención de productos adicionales en menor tiempo. Por ejemplo, si era un árbol de servicio éste proporcionaría sombra al cafetal rápidamente. Por otro lado, un número menor de productores indicaron que la velocidad con que crezca un árbol era indiferente mientras tanto éste no causara daños sobre el café y/o proveyera algún producto secundario (Figura 7).

La mayoría de los productores prefirieron árboles fáciles de manejar principalmente en cuanto a podas (Figura 7). Ellos consideraron que era mejor seleccionar árboles que no tuvieran ramas "duras" de cortar como son las de el guaba chilillo (*I. edulis*)y el guaba caite (*I. jinicuil*). También opinaron que árboles muy altos eran difíciles de manejar debido a que además de que debían de estar cargando escaleras por los cafetales, era muy peligroso subirse a el árbol a cortar las ramas. A la vez consideraron que especies como el pejibaye y el limón dulce eran difíciles de manejar porque tienen muchas espinas.

Muchos de los productores indicaron preferir árboles que soportaran podas fuertes porque de esta manera ellos podían controlar fácilmente la luz que entraba en los cafetales (Figura 7). Relacionado con este punto, la mayoría de los entrevistados prefirieron árboles que rebrotaran fácilmente luego de ser podados ya que el grado de sombreamiento del cafetal depende de la velocidad del rebrote de los árboles. Por otra parte, algunos de los productores mencionaron que el rebrote de los árboles (ya fuera rápido o lento) no era un atributo importante en la selección de especies porque aunque se obtenía sombra en menor tiempo, un árbol que rebrotara muy rápido debía podarse con mayor frecuencia (Figura 7).

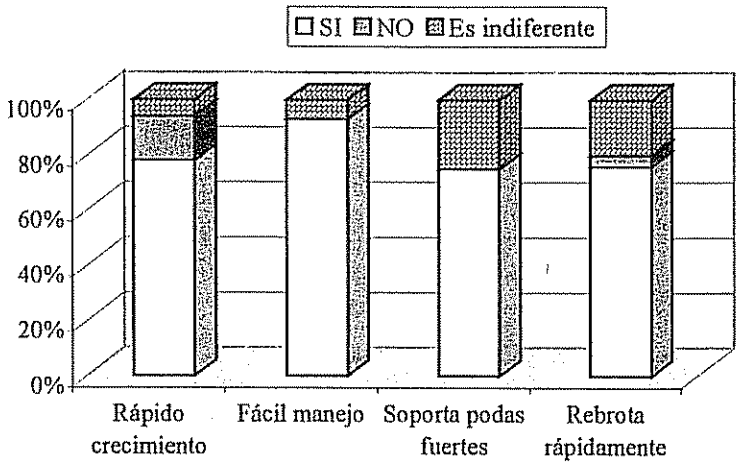


Figura 7. Atributos de crecimiento y manejo de los árboles para su compatibilidad con café que son preferidas por los productores de la zona.

En cuanto al sistema radical (Figura 8), la mayoría de los productores prefirieron árboles con sistema radicular profundo con el objetivo de reducir la competencia árbol-café. Además, el 93 % de los productores mencionaron su inclinación por árboles con sistema radicular fuerte para disminuir el riesgo de que éstos puedan caer (Figura 8).

En lo que se refiere a la arquitectura de copa de los árboles (Figura 8), la mayoría de los caficultores prefirieron árboles de copa rala que permiten una mayor entrada de luz al cafetal. Un menor número de productores indicaron que la densidad que tuviera la copa era indiferente mientras tanto se le brindara un manejo adecuado. La forma de la copa de los árboles preferida por los productores fue uno de los criterios más contrastantes. El 49 % de los productores, en su mayoría a favor de frutales, indicaron preferir árboles de copa ancha mientras que el 33 %, sobre todo productores interesados en maderables, se inclinaron por árboles de copa angosta (Figura 8).

Para la mayoría de los productores el tamaño de las hojas no fue un atributo determinante en la selección de los árboles (Figura 8). Los árboles podían poseer hojas grandes o pequeñas mientras éstas fueran de fácil descomposición. Por ejemplo, según los productores especies como el poró y el banano poseen hojas grandes pero que se desintegran rápidamente incorporando materia orgánica al suelo. A la vez, algunos opinaron que el tamaño de las hojas dependía del uso del árbol. Según los productores, los árboles maderables deberían poseer hojas pequeñas mientras que los árboles "podables" deberían poseer hojas grandes para que aportaran más materia orgánica. Un menor número de los productores dijeron preferir árboles de hojas pequeñas que permitieran una mayor entrada de luz al cafetal (Figura 8).

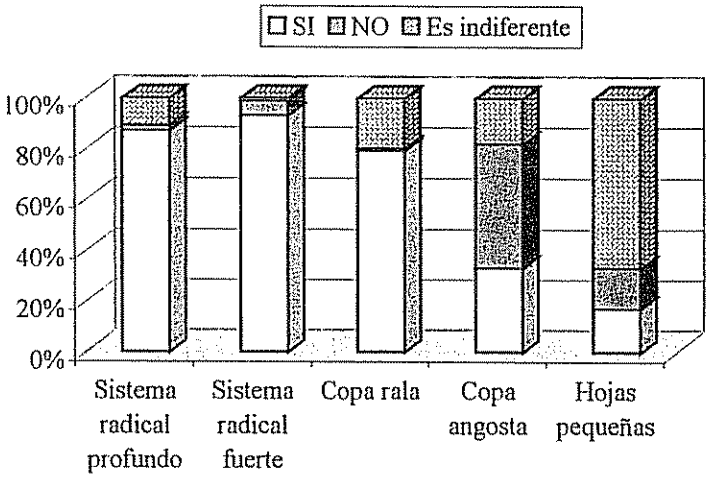


Figura 8. Atributos de arquitectura de los árboles para ser asociados con café según la preferencia de los productores.

La mitad de los caficultores se inclinaron por árboles que perdieran el follaje en alguna época del año (Figura 9). De ellos, el 10 % de los productores prefirieron que los árboles perdieran el follaje en la estación lluviosa y otro 10 % en la estación seca (aunque en la zona Atlántica no existe una época seca muy marcada). Los demás indicaron que les era indiferente la estación del año para la pérdida de follaje porque lo importante era la incorporación de materia orgánica al suelo proveniente del follaje (Figura 9).

La mayor parte de los productores mencionaron su preferencia por árboles que produjeran mucha materia orgánica (Figura 9). El 77 % de los productores prefirieron árboles fijadores de nitrógeno; los demás mencionaron que no era importante si el árbol fuera fijador o no mientras se obtuvieran otros productos secundarios como madera o frutos (Figura 9). Los productores comprendían que mediante la fijación de nitrógeno se incorpora este elemento al suelo. Además lograron dar muchos ejemplos de árboles fijadores de nitrógeno, ellos mencionaron que cualquier árbol que produce vainas (leguminosas) como el poró y las guabas "alimentan" al suelo con nitrógeno. El 83 % de los caficultores señalaron su preferencia por árboles que proveyeran productos secundarios como leña, madera, frutos, etc. Los otros productores indicaron que no era importante la obtención de productos secundarios si el árbol era capaz de proveer una buena sombra que no causara problemas en el cafetal (Figura 9).

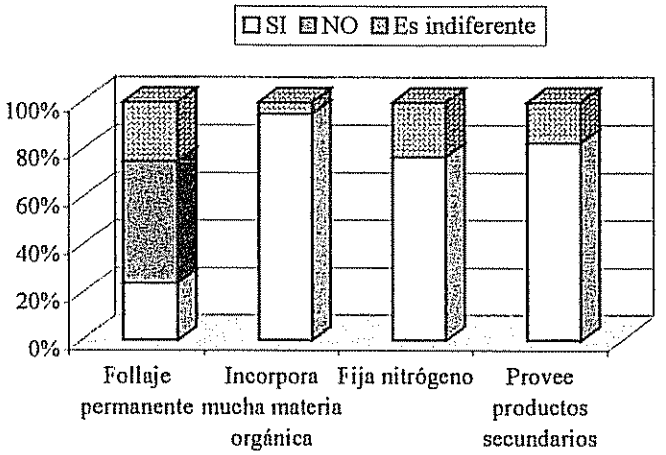


Figura 9. Características de follaje, incorporación de materia orgánica y nitrógeno y otros beneficios de deben poseer los árboles para ser compatibles con café según los productores.

En lo referente a las cualidades maderables de los árboles, todos los productores opinaron que los árboles deberían poseer troncos rectos en vez de bifurcados. Del mismo modo, el 95% de los productores dijeron preferir árboles que desarrollaran un fuste alto pero grueso, mientras que los otros se inclinaron por árboles de fuste bajo para evitar daños por la gotera. La mitad de los entrevistados prefirieron especies que presentaran autopoda porque de esta manera no se tienen que preocupar ni gastar recursos en podar los árboles. Pocos productores indicaron que era mejor que los árboles no se autopodaran porque así ellos mismos podían seleccionar las ramas que debían ser cortadas en los árboles. Además ellos consideraron que la autopoda causaba daño en los cafetales por la caída repentina de las ramas. Los demás productores indicaron que el atributo de la autopoda les era indiferente (Figura 10).

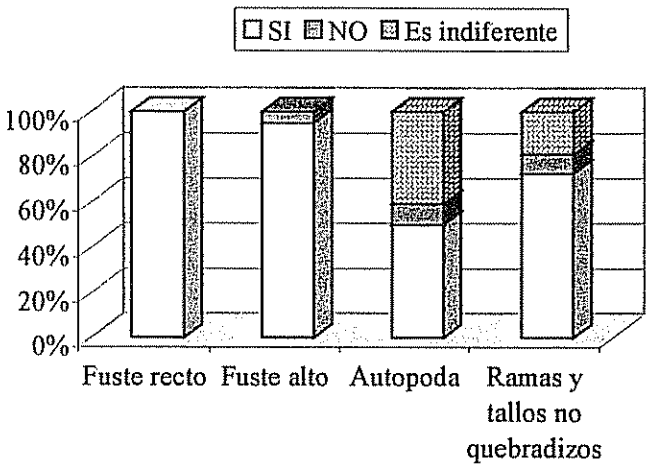


Figura 10. Cualidades maderables que son preferidas por los productores de la zona.

La mayoría de los productores señalaron la importancia de que el árbol seleccionado fuera compatible con el cafeto. A exepción de un productor todos los demás indicaron que preferían árboles que contribuyeran con la biodiversidad y el medio ambiente. El 77 % de los caficultores indicaron su tendencia por los árboles nativos. Ellos consideraron que era mejor sembrar árboles nativos porque además de estar adaptados a las condiciones presentes en la zona, eran aceptados localmente porque ya se conocía sobre ellos. Por otro lado, el 22 % de los productores mencionaron que el origen del árbol no era importante mientras que éste proveyera beneficios adicionales y no causara problemas sobre café.

4.3 Importancia y peso de los atributos en la zona cafetalera Atlántica

El cuadro 17 resume los pesos o importancia asignada a los criterios claves que determinan la compatibilidad de los árboles con café para la zona cafetalera Atlántica. Estos se asignaron utilizando como base los criterios que son indispensables para que un sistema agroforestal alcance sus efectos potenciales (productividad, sostenibilidad y adoptabilidad), las condiciones climáticas y edáficas presentes en la zona, las preferencias de los productores hacia los atributos claves y la crisis actual que enfrenta la caficultura costarricense.

4.4 Selección de especies arbóreas nativas promisorias para cafetales

De las 62 especies identificadas en los cafetales de la zona, 17 especies nativas fueron seleccionadas como promisorias al aplicar las listas de criterios claves de la literatura. De ellas, siete son especies frutales, seis son especies maderables y cuatro son especies de servicio. (Anexo 10). Por otra parte, 16 especies nativas fueron escogidas como promisorias mediante los criterios claves de los productores (seis frutales, seis maderables y tres de servicio). (Cuadro 18).

Entre los atributos que hicieron sobresalir a las 17 especies clasificadas como promisorias se encontró que, en general, son árboles de rápido crecimiento, fácil manejo, poseen copa rala y ancha, parecen ser compatibles con el cafeto, son nativos de Costa Rica y se adaptan a las condiciones climáticas de la zona de estudio. En el caso de los árboles maderables, además de la presencia de los atributos anteriores, todas las especies seleccionadas como promisorias se caracterizaron por poseer un fuste recto y alto.

Algunos otros atributos claves no estuvieron presentes en todos los árboles seleccionados. Por ejemplo, de las 17 especies promisorias ocho poseen follaje no permanente o caducifolio, seis poseen follaje permanente o siempre verde y tres follaje semicaducifolio. Sin embargo debe tenerse presente que este atributo tuvo una prioridad baja en la zona de estudio.

No se encontraron diferencias entre la mayoría de las especies seleccionadas como promisorias al aplicar la lista de criterios claves de los productores y la literatura. Las únicas especies diferentes fueron la Papaya (*C. papaya*), la Vainilla (*C. spectabilis*) y el Cacao (*Theobroma cacao*). Las dos primeras especies resultaron promisorias al aplicar los criterios claves de la literatura, pero no al aplicar los criterios de los productores (Cuadro 18). La última fue clasificada como promisoria solamente al aplicar los criterios claves de los productores. En el caso de los maderables, no solamente no existieron diferencias entre las especies promisorias al aplicar ambos criterios, sino que éstas especies también tuvieron el mismo orden descendente de calificación con los atributos de la literatura y de los productores (Anexo 10 B2 y 11 B2).

Cuadro 17. Priorización o peso de los atributos claves que determinan la compatibilidad árbol-café para la zona cafetalera Atlántica de Costa Rica. (1): Prioridad baja, (2): Prioridad media y (3): Prioridad alta. Atributos ordenados por peso y por orden alfabético.

	Atributo	Peso
1	Calidad de la madera (M)*	3
2	Capacidad de convertirse en maleza agresiva	3
3	Capacidad de favorecer el desarrollo de enfermedades o plagas sobre el café	3
4	Capacidad de fijar nitrógeno (AS)*	3
5	Capacidad de rebrote (AS)	3
6	Compatibilidad con el cafeto	3
7	Contribución con la biodiversidad y el medio ambiente	3
8	Facilidad de establecimiento	3
9	Facilidad de manejo	3
10	Incorporación de materia orgánica	3
11	Producción de biomasa (AS)	3
12	Profundidad del sistema radicular	3
13	Provisión de productos secundarios	3
14	Rectitud de fuste (M)	3
15	Susceptibilidad a plagas y enfermedades	3
16	Tolerancia a podas	3
17	Altura de fuste (M)	2
18	Densidad de copa	2
19	Origen de los árboles	2
20	Velocidad de crecimiento	2
21	Velocidad de descomposición del material vegetativo	2
22	Autopoda (M)	1
23	Forma de copa	1
24	Fortaleza de ramas y tallos	1
25	Fortaleza del sistema radicular	1
26	Tamaño de hojas	1
27	Tipo de follaje	1

* M = Atributo para maderables AS = Atributo para árboles de servicio

Cuadro 18. Especies arbóreas nativas seleccionadas como promisorias para ser utilizadas en asocio con café. El número representa el número de productores que utiliza la especie en sus cafetales (n = 95).

Nombre científico	N	Nombre Común	Familia	Calificación (%)	Comentario
Maderables					
Calophyllum brasiliense	2	Cedro María	Clusiaceae	66	Copa muy densa.
Cedrela odorata	21	Cedro amargo	Meliaceae	81	Susceptible al ataque de *Hypsipyla grandela*
Cordia alliodora	58	Laurel	Boraginaceae	78	
Ocotea sp.	4	Ira, quizarrá,	Lauraceae	78	Fuente de alimento para tucanes.
Simarouba amara	2	Aceituno negro	Simaroubaceae	81	
Virola koschnyii	1	Fruta dorada	Myristicaceae	66	Fuente de alimento para tucanes.
Frutales					
Annona muricata	20	Guanábana	Annonaceae	52	Sistema radicular superficial
Byrsonima crassifolia	7	Nance	Malphigiaceae	55	
Carica papaya (L)	6	Papaya	Caricaceae	53	Susceptible al ataque de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*)
Inga sp.	23	Guaba	Mimosaceae	65	Material vegetativo de difícil descomposición
Psidium friedrischthalianum	26	Cas	Myrtaceae	61	Especie de crecimiento lento
Spondias purpurea	8	Jocote	Anacardiaceae	74	
Spondias dulcis (P)	8	Yuplón	Anacardiaceae	52	
Theobroma cacao (P)	4	Cacao	Sterculiaceae	61	Susceptible a la aparición enfermedades
Servicio					
Cassia spectabilis (L)	3	Vainilla	Caesalpinaceae	86	Sistema radicular superficial
Erythrina poeppigiana	79	Poró	Papilionaceae	97	Árbol con muchas espinas
Gliricidia sepium	17	Madero negro, madre cacao	Papilionaceae	92	El forraje es importante fuente de alimento para rumiantes
Inga sp.	23	Guaba, cuajiniquil	Mimosaceae	81	Material vegetativo de difícil descomposición

(L) : Especie promisoria al aplicar los criterios claves de la literatura, pero no al aplicar los criterios de los productores.

(P) : Especie promisoria al aplicar los criterios claves de los productores, pero no al aplicar los criterios de la literatura

5. DISCUSIÓN

5.1 Diversidad arbórea en los cafetales

5.1.1 Caracterización y composición del sistema

Composición de los cafetales

Los cafetales de la zona de estudio se caracterizaron por presentar una amplia variedad de especies (62) arbóreas, arbustivas y musáceas. Algunas de las especies presentes en los cafetales de la zona tales como el banano (*Musa* sp.), los cítricos (*Citrus* sp.), el aguacate (*P. americana)*, el mango (*Mangifera indica)*, el laurel (*C. alliodora)* y el cedro (*C. odorata)*, también han sido asociados con café en otras regiones de Costa Rica (Espinoza, 1983; Büngel, 1998) y en otros países del norte de Latinoamérica (Perfecto *et al.*, 1996; Podger, 1999; The Natural History Museum, 2001).

Comparando la diversidad de especies según el tipo de uso se encontró que, a diferencia de otros países por ejemplo Ecuador (Peck y Bishop, 1992) y El Salvador (The Natural History Museum, 2001) donde se utilizaban varias especies maderables en los cafetales, en la zona cafetalera Atlántica en general se encontraron solamente el laurel (*C. alliodora*) y el cedro (*C. odorata*); las demás especies maderables identificadas se localizaron en menos del 6% de los cafetales. Lo mismo sucedió con las especies de sombra, a diferencia de plantaciones de café en México (Gallina *et al*, 1996; Greenberg *et al.*, 1997) y Guatemala (Muñoz, 1997) donde se utilizaban varias especies de Inga como árboles de sombra, en la zona de estudio cualquiera que fuera el tamaño del cafetal se utilizó en promedio una especie la cual generalmente era el poró (*E. poeppigiana*).

El bajo número de especies maderables y de servicio utilizadas en cafetales de la zona con respecto a otros países podría deberse principalmente a la clara preferencia de los productores de la zona hacia el uso de especies frutales. Del total de especies presentes por finca se encontró una relación de especies frutales, maderables y de servicio de 6:1:1. Es decir, por cada seis especies frutales encontramos una especie maderable y una de servicio. Además, la familia más importante en los cafetales de la zona fue la Rutaceae y de las 10 especies más comunes de los cafetales ocho de ellas también fueron frutales. Esta preferencia hacia los frutales en comparación con los maderables puede deberse principalmente al menor tiempo que los caficultores deben esperar para obtener productos de los primeros si se compara con las especies maderables. Por otro lado, las recomendaciones por parte de ingenieros e instituciones quienes fomentaron durante los años 70s el uso del poró como sombra parecen haber influido fuertemente en que actualmente ésta es la única especie utilizada exclusivamente para este fin.

Esta preferencia de los productores hacia las especies frutales es muy importante al momento de seleccionar y promover el uso de especies de sombra en cafetales. Se debe educar a los productores a que si bien los maderables tardan más tiempo para ser aprovechados son parte importante del ecosistema; y que si solamente tendemos hacia la introducción de frutales estaremos contribuyendo a la desaparición progresiva de muchas especies maderables. Esto es aún más importante si se tiene presente que en los cafetales de la zona se encontraron siete especies clasificadas por Vindas y Poveda (1997) como escasas y una clasificada como rara o en peligro de extinción.

Especies presentes según el tipo de hábitat

Además de hacer la diferenciación de especies según su uso es importante conocer la procedencia de las mismas según su hábitat. Esto es importante porque aunque se sabe que los cafetales no son ecológicamente tan diversos como los bosques naturales pueden conservar algunas especies originales de éste, y por lo tanto resultan una mejor alternativa que las plantaciones de café a pleno sol. En el presente estudio se demostró que los cafetales de la zona aún mantienen algunas especies de bosque primario y secundario (16 y 40 respectivamente). Esta misma tendencia fue encontrada por Guiracocha (2000) en un estudio realizado en sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros de Costa Rica, los cuales aún retienen algunas especies de bosque primario y una estructura multiestrato similar al bosque. Sabiendo entonces que los sistemas agroforestales son una mejor alternativa, se debería capacitar a los productores para que realicen un manejo adecuado del recurso arbóreo de sus cafetales para convertirlos en una herramienta importante en la conservación tanto de la biodiversidad como del medio ambiente.

Diversidad de especies según el tamaño del cafetal

La diversidad de especies presentes en los cafetales, además de estar ligado a las preferencias de los productores, parece también estar relacionado con el tamaño de las plantaciones. Al igual que lo reportado por Llanderal (1998) para cafetales de la zona de Turrialba, la diversidad de especies del dosel fue menor a medida que se incrementó el tamaño del cafetal. Se puede decir que, para esta zona, en cafetales con menos de cuatro hectáreas predominan las especies frutales y en plantaciones de más de cuatro hectáreas existe una mayor diversidad de especies maderables.

Esta tendencia puede deberse a que, aunque no fue cuantificado en este estudio, es probable que para un pequeño y mediano caficultor las limitaciones socio-económicas son mayores y por lo tanto los ingresos obtenidos del cafetal son muy importantes para su subsistencia. En general se puede decir que las especies frutales, además de producir en menor tiempo, producen por muchos años. Podría suponerse que un pequeño caficultor prefiere sembrar en su cafetal una mayor variedad de frutales como naranjas, limones y plátanos que le permiten obtener un ingreso económico continuo

durante diferentes meses del año. En contraste, tendría que esperar de 15 a 20 años para vender un árbol de laurel que lo aprovecha solo una vez en la vida. Por el contrario, caficultores con plantaciones grandes generalmente caracterizadas por un manejo intensivo y que típicamente cuentan con mayores recursos económicos, quizás no diversifiquen sus cafetales con frutales porque su principal fin no es la subsistencia. Estos caficultores posiblemente tienen un horizonte de planificación a más largo plazo y se inclinan por buscar una mayor diversidad de especies maderables que le brinden un ingreso a futuro.

Diversidad de especies entre distritos

Aunque se detectaron diferencias entre algunos distritos de la zona en cuanto al número de especies, se debe recordar que debido a que el tamaño de la muestra se obtuvo mediante asignación proporcional según el número de caficultores de cada distrito, no se cuenta con suficiente información para algunos distritos en comparación con otros. Esto implica en que no se puede determinar con exactitud si las diferencias que se encontraron entre algunos distritos en cuanto al número de especies son reales o se deben solamente al azar. Por ejemplo, en los distritos de Peralta, Tuis y Tucurrique solamente se realizaron dos, tres y dos encuestas respectivamente (Cuadro 10). Por otra parte, para los demás distritos si podemos afirmar que no existieron diferencias significativas en cuanto al número de especies. Esto puede deberse a que las condiciones climáticas presentes a lo largo de la zona son muy similares, lo que también influye en que la flora arbórea encontrada en los cafetales no sea diferente entre distritos.

Con respecto a la diversidad de especies entre localidades "céntricas" y "alejadas", aunque en un principio se supuso que en las localidades "céntricas" se encontrarían un menor número de especies por tratarse de sitios que se encuentran más propensos a las fuerzas de la modernización en comparación con localidades "alejadas", no se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de especies entre ambas localidades.

Limitaciones del estudio

Es importante mencionar que en este estudio solamente se evaluó la riqueza de los cafetales según el número de especies presentes y no el número de individuos. Por falta de tiempo y recursos no se realizó una evaluación formal sobre la abundancia relativa de cada especie. De este modo aunque se determinó que existían diferencias entre fincas según el número de especies, no se pudo afirmar estadísticamente cuales especies eran más abundantes en cuanto a su frecuencia relativa. Sin embargo, basado en los recorridos de los cafetales, ninguna especies, excepto el poró (*E. poeppigiana*) y el laurel (*C. alliodora*), fueron muy dominantes. Esto aplica también a las especies

exóticas las cuales no ocupan una dominancia alta similar como las reportadas (Tavares *et al.*, 1999; Viera *et al.*, 1999) para otras zonas de cafetaleras de Costa Rica.

La diversidad del dosel depende tanto de la riqueza como de la abundancia relativa de cada especie. Por lo tanto, existirán cafetales que quizás posean mucha diversidad de especies pero pocos individuos de las mismas, o también (como se observó en algunas fincas) una o dos especies maderables pero muy abundantes. De esta manera se resalta la importancia de realizar estudios tales como el de Llanderal (1998) para tipificar los cafetales de la zona Atlántica y así determinar la diversidad del dosel de los cafetales según la abundancia relativa de las especies.

5.1.2 Usos y propiedades de las especies

A pesar de que la literatura reporta una gran diversidad de usos y propiedades de las especies encontradas en los cafetales, el productor no conoce realmente todo el potencial de utilidad de muchas de ellas. Esto ha contribuido a que actualmente muchas de las especies son subutilizadas en los cafetales. Por ejemplo, del total de árboles reportados como útiles para la extracción de madera (29) solamente 15 eran utilizados por los productores para construcciones caseras o para la venta. Esto podría explicarse ya que tradicionalmente algunos de éstos árboles han sido utilizados por los productores para otros fines. Por ejemplo, de acuerdo con la literatura, nueve de los árboles frutales encontrados en los cafetales pueden además proveer madera. Entre ellos se encuentran el marañón (*Anacardium occidentale* L.), el níspero (*Eriobotrya japonica*) y el mamón (*Melicocca bijugatus* L.) (Anexo 3). Sin embargo, debe tenerse presente que si los productores utilizaran estos árboles para extraer su madera no podrían aprovechar los frutos.

Otro ejemplo de la subutilización de especies arbóreas es que aunque algunos productores poseen ganado en sus fincas, de las 19 especies reportadas por la literatura como forrajeras ninguna es utilizada por éstos para tal fin. Esto no quiere decir que estas especies no sean buenas como forrajes o que no hayan sido utilizadas por los productores con anterioridad. Esto quiere decir que quizás los productores por tradición y/o por falta de información técnica alimentan a sus animales únicamente con el pasto proveniente de sus potreros. También podría deberse a que en esta zona no existen limitantes de pastos que obliguen a los productores a buscar otras fuentes de alimento como son las especies forrajeras.

La falta de conocimiento de los productores acerca del potencial de utilidad de muchas especies podría resolverse mediante actividades de capacitación que promuevan no solamente el uso de las especies, sino que también el valor de utilidad que éstas representan. Teniendo en cuenta que la principal razón de los productores para introducir árboles en los cafetales es la obtención de productos secundarios, se puede esperar que el conocimiento que tienen los productores acerca de la

utilidad de esas especies contribuye en la introducción y propagación de algunas de las especies de los cafetales.

5.1.3 Especies nativas y exóticas

Según los resultados obtenidos, los productores de la zona tienen una clara preferencia hacia el uso de especies nativas en los cafetales. Esto se refleja en que de las 62 especies encontradas en las plantaciones 40 fueron especies nativas. Esta preferencia es aún más marcada con el uso de especies maderables, de las 23 especies encontradas en las plantaciones solamente tres fueron exóticas. Esta tendencia hacia las nativas hace que la zona cafetalera Atlántica sea muy diferente de otras zonas de Costa Rica, p.e. Pérez Zeledón (Tavares *et al.*, 1999; Viera *et al.*, 1999), donde las políticas de reforestación con especies exóticas han influido fuertemente en que los productores tengan una marcada inclinación por la introducción de árboles maderables como p.e. *Eucalyptus deglupta, Terminalia amazonia y T. Ivorensis* para sombra en sus cafetales.

Aunque los productores de la zona prefierieron los árboles nativos, es importante mencionar su tendencia a confundir el origen de algunos de los árboles. Puede esperarse que los productores crean que algunas especies "exóticas" son "nativas" si se tiene en cuenta los siglos de naturalización que han tenido algunas de las especies en América tales como los cítricos y la fruta de pan (Geilfus, 1994b). No obstante, a pesar de la confusión que existía, lo más importante es saber los productores se inclinaban hacia el uso de árboles nativos y que además ellos conocían cuáles eran las ventajas de utilizar éstos árboles en los cafetales. Esta información es de mucha importancia para el diseño de esquemas de diversificación de cafetales con especies nativas.

Es importante además mencionar que la preferencia de los productores hacia el uso de especies nativas se ha basado principalmente en la fácil adaptación y la mayor aceptación de estas especies en la zona. Los productores no parecen estar conscientes de la importancia que juegan los cafetales de la zona como parte de la flora regional y fauna silvestre. Como ya ha sido demostrado por algunos autores (Gonzáles, 1999) árboles nativos como la *Inga* sp., el jocote (*S. purpurea*), el guachipelín (*Diphysa robinoides*) y el güitite (*Acnistus arborescens*), constituyen una fuente importante de hábitat para aves nativas tales como el yigüirro (*Turdus grayi*) que es el ave nacional de Costa Rica, el pájaro bobo (*Momotus momotus*) y el pinzón cafetalero (*Melozone bicuartum*). También se sabe que otros árboles nativos proveen hábitat y alimento para mamíferos y murciélagos (Gallina *et al.*1996). Los mismos productores de la zona en estudio mencionaron que árboles nativos como el guarumo (*C. obtusifolia*) son frecuentemente visitados por perezozas las cuales utilizan sus hojas tiernas como alimento. Así mismo mencionaron que el higuerón (*Ficus* sp.) provee hábitat para murciélagos. Por lo tanto, deberían realizarse actividades de capacitación

destinadas a educar a los productores sobre la importancia de las especies nativas como conservadores de la flora regional, como fuente de alimento y hábitat para la fauna silvestre nativa y como corredor biológico para la fauna migratoria

5.1.4 Selección, establecimiento y manejo de la sombra

Selección de las especies

La crisis actual de la caficultura costarricense contribuye de manera muy importante en la selección de las especies que utilizan los productores en los cafetales. Los caficultores de Costa Rica enfrentan actualmente una difícil situación debido a la reducción de los precios del café en los últimos años y al aumento de los costos de producción del cultivo. Según la Organización Internacional del café, se puede prever que los precios se mantendrán bajos en los años que vienen (Seudieu, 1997). Para diciembre del 2001 el precio del café oro al cierre según la bolsa de café en Nueva York fue de 42.60 US dólares el quintal (ICAFE, 2001). Mientras tanto, el costo de producción del cultivo en Costa Rica fue de 94 US dólares por quintal (Moneda el Periódico Financiero, 2001).

La diversificación de cafetales con árboles para reducir costos y aumentar ingresos por la venta de productos secundarios (madera y frutas) representa por tanto una opción para enfrentar la difícil situación. Sin duda, para los productores de la zona el factor más importante de decisión para tener árboles en cafetales fue el ingreso adicional que representan los productos secundarios. Por ejemplo, un estimado conservador de la producción de madera de una plantación de 100 árboles de laurel (*C. alliodora*) por hectárea en una plantación de café es alrededor de 4 a 6 m^3 de volumen comercial por año (Beer *et al.*, 1998). El precio promedio nacional de laurel para 1994 fue de \$84/m^3 con lo que al momento de la cosecha, alrededor de los 15 años, se podría esperar un ingreso de \$5040 a \$7560 por hectárea. Aunque el cálculo se basa en precios de 1994, el precio de la madera tiende a subir. Según Gómez (1995), el precio de la madera en troza en Costa Rica aumenta en términos reales a un 15 % de incremento constante anual.

Debe tenerse presente que el crecimiento y por tanto el valor de la madera van a depender de las condiciones de clima, suelo y altitud presentes así como del manejo silvicultural. En este sentido es importante anotar que los productores de la zona realizan un manejo mínimo o ninguno a los árboles maderables presentes en su cafetal y por lo tanto esto influirá en el valor del producto final.

Los productores también encontraron una fuente de ingreso adicional con la venta de frutas provenientes de árboles de su cafetal. Estimando el ingreso bruto de la venta de algunos frutales presentes en cafetales de la zona podemos observar que los productores si pueden beneficiarse al

decidirse por la introducción de especies frutales (Cuadro 19). Es importante anotar que estos datos no incluyen los costos de producción por la siembra, el establecimiento o el manejo de los árboles. Además, se utilizó una producción promedio por árbol menor que lo reportado para plantaciones comerciales. Sin embargo, el incremento en la producción de frutos y los costos de producción estarán relacionados con las prácticas culturales que dedican al cultivo.

Cuadro 19. Ingreso bruto estimado de la venta de frutos de algunos árboles presentes en los cafetales. Producción de los árboles según Geilfus (1994b), Baraona (2000). Precios sugeridos en ferias del agricultor por el Consejo Nacional de Producción de Costa Rica (2001). Tipo de cambio a diciembre del 2001: 1US$ = 339.20 colones

Especie	Producción/árbol/año	Precio por unidad (¢)	Ingreso por árbol (¢)	Ingreso por 10 árboles (¢)	Ingreso por 10 árboles ($)
Limón ácido	1600	12	19200	192000	566.04
Naranja	500 unidades	13	6500	65000	191.63
Cas	46 kg	500	23000	230000	678.07
Banano	200 unidades/cepa	9	1800	18000	53.07
Papaya	200 kg	120	24000	240000	707.55
Mandarina	500 unidades	20	10000	100000	294.81
Aguacate	200 unidades	150	30000	300000	884.43
Guanábana	54 kg	375	20250	202500	597.00

Establecimiento de la sombra

Según los resultados obtenidos existían principalmente dos formas de establecimiento de la sombra en los cafetales: la primera cuando los árboles (mayoritariamente frutales y de servicio) eran sembrados una vez que el cafetal se había establecido; y la segunda era el caso de especies maderables donde la sombra se establecía naturalmente.

En el caso de maderables el hecho de encontrar muchas especies estableciéndose naturalmente indica que entre los productores de la zona no existe la cultura de sembrar estas especies en los cafetales. Esto podría atribuirse, nuevamente, a que los productores prefieren sembrar árboles que les brinden productos e ingresos adicionales en menor tiempo como serían los frutales. También puede ser que entre los caficultores de la zona no se han promovido políticas forestales que incentiven la siembra de especies maderables.

El establecimiento de especies frutales y de servicio en cafetales de la zona es más factible que el establecimiento de especies maderables. Esto porque el establecimiento de frutales y de servicio depende primordialmente de la siembra por parte de los productores mientras que las especies maderables, dependen en primer grado de sus mecanismos de superviviencia (la capacidad de regeneración natural, los mecanismos de dispersión y la condición dioica o monoica que posean) y en segundo grado, del manejo de la regeneración natural por los productores. Por ejemplo, en cuanto a los mecanismos de supervivencia las especies pioneras (heliófitas), la mayoría de las cuales se dispersan por el viento, son las primeras en establecerse en los cafetales, mientras que las especies esciófitas o tolerantes a la sombra son las que tienen mayor probabilidad a extinguirse (Jiménez, 1999).

En cuanto al manejo de la regeneración natural, sabiendo que la mayoría de los productores permitían que solamente algunos de los árboles se establecieran en los cafetales, éste llega a tener un papel importante en la sobrevivencia de muchas de las especies maderables presentes en la zona. Es muy probable que los productores por falta de capacitación tienen poco conocimiento de muchos de los factores que influyen de manera determinante en la sobrevivencia de algunas especies. Si se tiene presente que el principal criterio que usaban los productores para el manejo de la regeneración natural era el aspecto físico de los árboles puede suponerse que algunas especies se encuentran en clara desventaja. Por ejemplo, si los productores no conocen que especies como el cedro (*Cedrela* sp) o el caoba (*Swietenia macrophylla* King) tienen sexos separados existe una mayor posibilidad de interrumpir la reproducción de estas especies puesto que los productores solamente dejarán en los cafetales los árboles de mejor porte y sanos sin importar si el árbol es macho o hembra (Jiménez, 1999).

Además del manejo de la regeneración natural, la actitud que tenga el productor hacia los animales que visitan su finca también determinará el éxito en el establecimiento de algunas especies. La fauna silvestre desempeña un papel importante en la distribución espacial de especies zoócoras, quiropterócoras u ornitoquiropterócoras. Se debe recordar que algunos productores mencionaron que animales como las ardillas, los pericos y los murciélagos representaban un problema para los árboles del cafetal. No obstante aunque estos animales pueden representar una "plaga" para algunos árboles también representan su mecanismo de dispersión.

De esta manera, el conocimiento que tengan los productores acerca de los factores que influyen en el establecimiento de los árboles resulta de mucha importancia en proyectos que promuevan el uso de árboles en cafetales de la zona. Se debe incentivar en los productores la siembra de especies maderables en sus cafetales y además capacitarlos para que realicen un buen manejo de la

regeneración natural. No se puede simplemente llevar árboles a los cafetales para que los productores los siembren. Se debe brindar asistencia técnica que garantice a los productores un buen establecimiento y manejo de las especies que se promueven.

Manejo de la sombra

A pesar de que los productores esperaban obtener productos adicionales de los árboles de su cafetal el manejo realizado sobre éstos es mínimo. Las prácticas realizadas se centraban básicamente en los árboles frutales lo que resalta nuevamente la importancia de éstos árboles para los productores. Por el contrario, los árboles maderables se mantienían prácticamente sin ningún manejo silvicultural. Esto podría deberse a que los productores no conocen la importancia de realizar un manejo adecuado de las especies maderables, no solamente para obtener mayores rendimientos sino que también madera de alta calidad. Se determina entonces la importancia de realizar talleres y guías técnicas que capaciten a los productores acerca del cómo y por qué manejar los maderables, y su consecuente importancia en la calidad y el valor de la madera.

A pesar de que se encontró una gran diversidad de distancias entre las especies de los cafetales, la mayoría de los productores consideraron su distancia como la más apropiada. Pareciera ser que los productores buscan la densidad de árboles que les brinde el mayor volumen de madera y la mayor cantidad de frutos; sin que el desarrollo y la producción del cafeto se vean afectados. El hecho de que existiera tanta variedad en las distancias puede ser debido a que, como mencionó Muschler (1997b, 1999), el nivel de sombra que necesita un cafetal específico depende del objetivo de producción, de si el productor busca obtener productos secundarios y de factores ambientales de manejo del café. Además, la densidad de árboles que se va a tener en el cafetal dependerá también de las características de la especie seleccionada (tasa de crecimiento, arquitectura y densidad de copa), de la competitividad por agua y nutrientes entre los árboles y el café, y del manejo del árbol (Muschler, 1999).

Aunque algunos productores mencionaron que una alta densidad de árboles podía disminuir la producción de café, también afirmaron que la densidad de árboles asociados no afectaba el desarrollo y producción del cafeto mientras tanto se brindara un manejo adecuado de los árboles (sobre todo de podas). Esta afirmación concuerda con Beer (1993) y Hernández *et al.* (1997) quienes demostraron que altas densidades de laurel (*C. alliodora*) reducen la producción de café. Estos mismos autores anotaron que la densidad de árboles de poró (*E. poeppigiana*) podado dos veces por año, no afectó significativamente la producción de café. Sin embargo, no se puede generalizar que todos los árboles van a producir el mismo efecto, debe tenerse en cuenta que estos resultados corresponden específicamente a estas especies y a este estudio.

5.1.5 Ventajas y desventajas de árboles en cafetales según los caficultores

Los caficultores entrevistados fueron conscientes de los efectos positivos y/o dañinos que pueden tener los árboles sobre el cafetal (Cuadro 14). La mayoría de ellos lograron mencionar beneficios y limitaciones tanto de la sombra en general como de árboles específicos. Existieron algunas contradicciones entre lo que algunos productores consideran como beneficios y otros como limitaciones de árboles específicos. Por ejemplo para algunos productores la alta capacidad de rebrote fue una de las ventaja del poró (*E. poeppigiana*). Sin embargo para otros productores ésta fue más bien una limitante. Esto podría explicarse por la importancia que puede representar para algunos productores la entrada de suficiente luz y calor en el cafetal en ciertas épocas del año. Se debe tener presente que los productores de la zona acostumbran a podar el poró dos veces al año. La primera poda (diciembre-enero) con el objetivo de estimular las yemas vegetativas y la segunda (mayo-junio) para acelerar el endurecimiento del grano y uniformar la maduración del fruto (Zamora, 1998). Quizás para algunos productores, el rápido rebrote del poró es una limitante porque hace que el cafetal no quede suficiente tiempo expuesto a la luz solar.

Los caficultores han logrado determinar que algunos efectos negativos de los árboles pueden ser compensados con otros beneficios. Por ejemplo, el daño causado a los cafetos por la autopoda de algunos árboles o durante el aprovechamiento de la madera puede ser restituido por la venta de madera. Esta aseveración coincide con lo reportado por Somarriba (1992) en un estudio donde evaluó el daño a cafetos y la reducción en su producción causados por la extracción de árboles de laurel (*C. alliodora*). Se llegó a la conclusión de que los daños a las plantas de café debido a la cosecha del laurel no son tan severos como usualmente se espera. Además se comprobó que las ganancias por el valor de la madera son mucho mayores que las pérdidas debidas al daño de cafetos. No obstante, aunque estos daños pueden ser compensados es importante capacitar a los productores acerca de cómo realizar un adecuado aprovechamiento de la madera. Algunos autores (Somarriba, 1992; Carrera y Pinelo, 1995) han desarrollado una serie de recomendaciones que pueden ser adoptadas por los productores para así reducir los daños sobre el cafetal por la extracción de madera.

Los productores supieron reconocer el efecto que tiene la sombra que proyectan los árboles sobre la incidencia de malezas. Los caficultores concordaron con lo reportado en la literatura (Goldberg y Kigel, 1986; Relova y Polan, 1988; Díaz y Relova, 1989; Muschler, 1997b; 1998) en que las plantaciones de café creciendo bajo sombra de árboles poseen una menor incidencia de malezas agresivas (p.e. compositae y gramíneas). Además también concordaron en que la sombra de árboles favorece la aparición de malezas menos agresivas, tales como las de hoja ancha (p.e. *Impatiens*

walleriana), que son fáciles de controlar. Sin embargo, aunque los productores reconocieron que la principal ventaja de los árboles fue el mayor control de malezas, solamente un 8% y un 2% de los productores relacionaron ésta ventaja con la reducción en el requerimiento de herbicidas y de los costos de producción respectivamente. Esto quiere decir, que es muy probable que aunque los productores saben que existe una reducción en la incidencia de malezas continúan utilizando herbicidas del mismo modo que lo harían si no tuvieran los árboles en el cafetal.

Con respecto a la fertilidad del suelo, los productores reconocieron que entre los beneficios más importantes de los árboles se encontraban la incorporación de materia orgánica y nitrógeno. Sin embargo, al igual que ocurrió con respecto al control de malezas, solamente un 8% de los productores relacionaron ésta ventaja con la reducción en el uso de insumos (fertilizantes). Esto es importante porque quizás los productores no conocen cuanto es el aporte real de materia orgánica y nitrógeno que pueden brindar algunos árboles al cafeto. Diferentes estudios indican que la cantidad de materia seca producida por leguminosas como *Inga* o *Erythrina* puede variar entre 2 y 14 toneladas por hectárea por año, lo cual corresponde a una restitución de entre 60 y 350 kg de Nitrógeno por hectárea por año (Alpizar, 1985, Alpizar *et al.*, 1988; Beer *et al.*, 1998). Así mismo, la contribución mediante la fijación biológica de nitrógeno de leguminosas arbóreas ha sido estimada entre 35 y 60 Kg/ha/año (Bornemisza, 1981; Escalante *et al.*, 1984; Fassbender, 1987; Vaast y Snoeck, 1999).

Aunque se ha demostrado (Muschler, 1998 y Fernández y Muschler, 1999) que los granos de café producidos en cafetales sombreados son más grandes, de mejor calidad organoléptica y con menos daños físicos (frutos deformados y momificados), solamente un 11% de los productores reconocieron que la sombra de árboles mejora la calidad del café.

Los productores también han descubierto una serie de efectos negativos de los árboles, entre ellos el principal fue el incremento en la incidencia de enfermedades. Los productores tuvieron conocimiento (aunque empírico) de las condiciones que favorecen el desarrollo de las enfermedades y las relacionaron con algunos de los árboles presentes en los cafetales. Por ejemplo reconocieron que enfermedades como el Ojo de Gallo (*Mycena citricolor* (Berk et Curt) Saac), que son favorecidas por condiciones de alta humedad y sombra excesiva, tal como ha sido reportado por Zamora (1998) y Wang y Avelino (1999), son favorecidas ante la presencia de árboles con copa densa como la naranja dulce (*C. sinensis*). Así mismo tal como se reporta en Zamora (1998), algunos productores mencionaron que otras enfermedades tales como el Mal de Hilachas (*Pellicularia koleroga* Cook) se ven favorecidas en condiciones de alta humedad. Consecuentemente según los productores, árboles como la manzana de agua (*S. malaccensis*) que

bota mucha hoja y por tanto mantiene una gran cantidad de agua en el suelo, favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Los productores a la vez afirmaron de que no se puede generalizar que la sombra de los árboles favorece el desarrollo de plagas y enfermedades debido a que otras, como la Chasparria (*Cercospora coffeicola* Berk & Coke), aumentan su incidencia cuando se reduce la sombra. Esta afirmación concuerda con lo señalado por Beer *et al.* (1998); Zamora (1998).

Se demuestra entonces que aunque los productores reconocieron muchas ventajas y desventajas de los árboles, aún no cuentan con suficiente información que les permitan alcanzar todos los efectos potenciales que les pueden brindar los árboles en sus cafetales. Es decir, aunque existen muchas investigaciones valiosas acerca del tema, éstas se han quedado en las instituciones y no han llegado a las manos de los productores quienes podrían ser los más beneficiados. Esto se deduce en que más de un 70% de los caficultores de la zona no ha recibido capacitación alguna acerca del uso de árboles en cafetales. Se resalta entonces la importancia de realizar talleres de capacitación, parcelas demostrativas y boletines técnicos que permitan a los productores aprender más acerca de cómo lograr una caficultura más sostenible sacando el máximo provecho a las especies arbóreas de sus cafetales.

5.1.6 Árboles nativos utilizados en el pasado como sombra de café

Entre las 35 especies de árboles que, según los productores, se utilizaban en el pasado como sombra en los cafetales se comprobó que muchos de esos árboles efectivamente fueron utilizados en Costa Rica en cafetales desde antes de los años 40s (Montealegre, 1938a, 1938b). Algunos de los árboles mencionados por los productores tales como las Ingas, las Erythrinas, el madero negro y las Musáceas también fueron utilizados como sombra de cafetales en otros países de Centroamérica como Guatemala y Nicaragua (Camargo de León, 1971; Serrano, 1977)

Según los productores la familia de árboles más utilizada en el pasado en cafetales fue la Fabaceae debido a su importancia como fuente de leña. Se debe recordar que a causa de la falta de electricidad en esos años, especies leñosas como las guabas llegaron a jugar un papel importante en la vida cotidiana de los caficultores. Esta información concuerda con lo reportado por Samper (1999) quien afirmó que a mediados del siglo XIX algunos caficultores centroamericanos empezaron a experimentar con el uso de diversos tipos de árboles de sombra, especialmente Erythrinas e Ingas.

Las principales razones que dieron los productores por las que muchas de estas especies fueron eliminadas de los cafetales fueron la introducción del poró y las recomendaciones técnicas que se

difundieron en esos años. Estas afirmaciones son válidas si se tiene presente la creciente tecnificación de la caficultura costarricense ocurrida desde los años 70s. Según algunos autores (Samper 1999) las recomendaciones técnicas en los años 70s por parte de ingenieros e instituciones relacionadas con reducir, hasta eliminar la sombra en cafetales, fueron muchas veces seguidas al pie de la letra por muchos caficultores quienes con la esperanza de obtener mayores rendimientos convirtieron sus cafetales diversificados tradicionales a sistemas simplificados con pocas especies de árboles o sin sombra.

Los productores demostraron poseer conocimiento acerca del comportamiento y cualidades de muchas de las especies que se encontraban en sus cafetales. Por esta razón algunas especies que se utilizaban en el pasado fueron eliminadas de los cafetales simplemente por no poseer las características que el productor consideraba necesarias para su asocio con café. Por ejemplo el chancho colorado (*Vochysia ferruginea* Mart) según los productores causaba muchos daños al cafetal porque se desrama fácilmente. Esto coincide con lo reportado en la literatura (CATIE, 1995) donde se afirma que aunque esta especie autopoda bien en condiciones de plantación pura, en asocio con café puede provocar daños por la caída repentina de ramas. Otro ejemplo mencionado fue el guaba caite (*Inga densiflora*) que posee hojas de difícil descomposición. Esta lenta descomposición ha sido atribuida a los altos niveles de polifenoles que contienen los tejidos de las hojas (Palm y Sánchez, 1991). Esto reafirma la importancia de conocer cuales son las características de los árboles que son preferidas por los productores para poder realizar una exitosa selección de especies promisorias evitando para el futuro la desaparición de otras especies.

Desde el punto de vista ecológico la eliminación de especies de los cafetales resulta de suma importancia si tenemos presente las implicaciones que tienen sobre la fragmentación de los ecosistemas. Por ejemplo, entre las especies que mencionaron los productores se sabe que las flores de las Ingas son fuentes de alimento para aves migratorias como el "Baltimore Oriole" (*Icterus galbula*) y el "Tennessee warbler" (*Vermivora peregrina*) (Stiles, 1991; Perfecto *et al.*,1996). Como mencionaron algunos de los caficultores muchas de las Ingas fueron eliminadas de los cafetales con la llegada de la electricidad con las consecuentes implicaciones que esto representa sobre la fauna silvestre.

Es valioso además ver como las recomendaciones que realizan instituciones e ingenieros pueden ser tan determinantes sobre las decisiones de los productores para adoptar nuevas tecnologías. Según los resultados que se han obtenido se percibe la confianza que tienen los productores en las instituciones e ingenieros. De otra manera, no hubieran introducido el poró en sus cafetales o no hubieran transformado sus cafetales de tradicionales a modernos. Lamentablemente algunas de las

recomendaciones que se realizaron en el pasado, contribuyeron a traer efectos negativos tales como la desaparición de muchas especies arbóreas de los cafetales. Aquí es donde los encargados de realizar tanto investigaciones como extensión agrícola deben trabajar con mucha cautela y estudiar las posibles consecuencias de sus recomendaciones con el fin de evitar en un futuro, efectos negativos tales como los que se reportaron en el presente estudio.

5.2 Atributos claves que determinan la compatibilidad de los árboles con café

La mayoría de los atributos que determinan la compatibilidad árbol-café reportados en la literatura, coinciden con los atributos identificados por los productores de la zona. Los únicos atributos en los cuales difirieron los productores y la literatura son: la forma de la copa (ancha o angosta), el tamaño de la hojas (pequeñas o grandes), el tipo de follaje (permanente o no permanente) y la autopoda (presente o ausente).

Según los resultados que se obtuvieron al investigar acerca de los atributos que determinan la compatibilidad de los árboles con café que se han reportado en la literatura, se demuestra que desde hace muchos años (p.e. Cook 1901) algunos investigadores fueron conscientes de la importancia de utilizar atributos claves de los árboles para la selección de especies con potencial para ser asociadas en sistemas agroforestales cafetaleros. Según la literatura (Anexo 9) los criterios más investigados son las características de arquitectura y compatibilidad de los árboles. Por ejemplo, se mencionan atributos de la copa que determinan el nivel de sombreamiento y la distribución de "sunflecks" o atributos de la raíz que influyen en las interacciones bajo el suelo, principalmente la competencia por agua y nutrientes, propiedades alelopáticas y otros.

Se demostró que algunos de los atributos mencionados en la literatura han sido seleccionados respondiendo a las necesidades existentes en determinado momento. Por ejemplo, como atributo clave de los árboles solamente en dos de las publicaciones consultadas (Montealegre, 1938 y Camargo, 1971) se ha señalado la importancia de proveer leña de calidad. Quizás esto se debió a la importancia que tenía la leña en años donde la electricidad no estaba al alcance de todos. Además en el pasado en fincas grandes, la provisión de leña era una necesidad para las secadoras de café (Montealegre, 1938a).

En contraste, atributos relacionados con funciones ecológicas de los árboles no fueron percibidos como importantes hasta años muy recientes. Así por ejemplo Muschler (1999) ha mencionado como atributos claves de compatibilidad fomentar el control biológico, proveer hábitat para aves y fomentar la conservación y la fertilidad del suelo.

Algunos otros atributos resaltaron su importancia por haber sido mencionados en la mayoría de las publicaciones estudiadas (Cuadro 12). Por ejemplo, la capacidad de los árboles de fijar nitrógeno fue uno de los más importantes. Esto puede deberse a que varios estudios han demostrado, que el uso de árboles de servicio como sombra en cafetales aporta una importante cantidad de nitrógeno al suelo (Bornemiza, 1981; Escalante *et al.*, 1984; Fassbender, 1987; Vaast y Snoeck, 1999). En este sentido los caficultores también coincidieron con la literatura en que uno de los criterios claves más importantes es la capacidad de fijar de nitrógeno.

Según los productores un atributo clave de los árboles fue la provisión de productos secundarios. Los caficutores no descartaban la posibilidad de utilizar árboles como los cítricos cuyos frutos eran importantes para el consumo del hogar o para la venta aunque no poseyeran otros atributos que también son muy importantes como la fijación de nitrógeno, Es decir, algunos de los atributos de los árboles no son tan importantes para los productores si el árbol seleccionado proveé beneficios como la obtención de productos secundarios. Por esta razón, los caficultores indicaron que éste era un atributo clave en la selección de árboles en cafetales. Este criterio también coincide con lo reportado en la literatura (Guerra, 1976; Beer, 1987; Geilfus, 1994; Bellow y Muschler, 1999; Fischersworring y Roßkamp, 2001)

Los productores concondaron con los autores (Montealegre, 1938; Camargo, 1971; Guerra, 1976; Fournier, 1979; Beer, 1987; Geilfus, 1994; ANACAFE, 1995; Beer, 1995; Muschler, 1999; Fischersworring y Roßkamp, 2001) en que el rápido crecimiento de los árboles era otro de los atributos claves más importantes. Si para los productores es importante la obtención de productos secundarios, es de esperarse que se sentirán más beneficiados con árboles que crezcan rápidamente. Por ejemplo, si un árbol frutal llega en poco años a la edad reproductiva, el caficultor empezará a obtener beneficios por la venta y consumo de sus frutos. Del mismo modo, entre más rápido sea el crecimiento de los árboles de servicio más pronto proveerán sombra al cafetal. Sin embargo, debe tenerse presente que una alta taza de crecimiento de los árboles puede estar ligada a una mayor competencia del árbol sobre todo por agua y nutrientes lo cual podría causar problemas sobre la producción del café.

La mayoría de los productores realizaban pocas o ninguna labor de manejo a los árboles de su cafetal. Las prácticas se centraban principalmente en los árboles frutales mientras que los maderables se mantenían prácticamente sin ningún manejo silvicultural. Quizás por esta razón, más del 90 % de los productores consideraron que los árboles asociados en cafetales deberían ser de fácil manejo. Este criterio también concuerda con lo reportado por Camargo (1971); Fournier (1979) y ANACAFE (1995).

En general los productores coincidieron con Beer (1987, 1995), Geilfus (1994), ANACAFE (1995), Bellow y Muschler (1999) y Muschler (1999) en que los árboles de servicio deberían soportar podas fuertes y rebrotar fácilmente. No obstante, el criterio de poda no debe limitarse únicamente a árboles de servicio, ya que los productores también realizan a menudo la poda en árboles frutales. Aunque ésta no es tan fuerte como en árboles de servicio sí es importante que éstos árboles soporten podas no solamente para incrementar la producción de frutos, sino que también para que los productores puedan regular la sombra en el cafetal. Por ejemplo, algunos productores mencionaron que el zapote (*Pouteria zapota*) no puede ser usado en cafetales porque posee una copa densa y ancha, que no puede ser manejada mediante podas pues se disminuye la producción de frutos. Esta aseveración ya había sido apuntada por Geilfus (1994).

Debido a su experiencia, los agricultores supieron indicar que los atributos del sistema radical tenían influencia en las interacciones que se presentan bajo el suelo. La mayoría de ellos coincidieron con lo investigado (Montealegre, 1938; Camargo, 1971; Guerra, 1976; Beer, 1987; Geilfus, 1994; ANACAFE, 1995; Bellow y Muschler, 1999; Muschler, 1999; Fischersworring y Roßkamp, 2001) en que los árboles deberían poseer un sistema radicular profundo para evitar competencia por agua y nutrientes. Por esta razón, especies como el pejibaye, el pino y el banano que poseen un sistema radicular superficial eran consideradas como problemáticas porque -como mencionan ellos- le "roban" abono al café. Un sistema radicular profundo contribuye además, con la conservación de la materia orgánica del suelo y el reciclaje de nutrientes a través de la hojarasca y el forraje del subsuelo (Beer *et. al.*, 1998). Es importante mencionar que la información en la literatura acerca de la arquitectura de raíces de árboles es muy limitada. Por lo tanto, este atributo debe ser utilizado con cautela al momento de seleccionar especies promisorias.

Al igual que lo reportado en la literatura (Montealegre, 1938; Beer, 1987; Geilfus, 1994; ANACAFE, 1995; Bellow y Muschler, 1999; Muschler, 1999; Fischersworring y Roßkamp, 2001), la mayoría de los productores se inclinaron por árboles de copa rala. No obstante algunos productores conocían que este atributo puede ser modificado a través de las podas. Quizás por esta razón la densidad de copa no fue considerada por algunos productores como un atributo clave. Los caficultores también fueron conscientes de que algunos atributos claves para la selección de especies eran diferentes según su uso. Preferían árboles con copa angosta si el objetivo del árbol era producir madera, y árboles con ramas que se extiendan hacia los lados si se trataba de árboles frutales.

A diferencia de lo reportado por algunos autores (Beer, 1987; Geilfus, 1994; ANACAFE, 1995 y Beer, 1995) la mayoría de los productores no consideraron como atributo clave que el árbol posea

hojas pequeñas. Ellos consideraban que el tamaño de las hojas es una característica indiferente y depende del objetivo de producción. Teniendo presente que para los productores un efecto negativo de los árboles altos como los maderables sobre el café fue el daño que causa el impacto de la lluvia. Entonces puede suponerse que los productores prefieren hojas pequeñas en maderables porque la lluvia puede pasar más fácilmente a través del dosel y se evita el efecto de unión de gotas (gotera). Las hojas pequeñas permiten una mayor entrada de luz en los cafetales, pero si se tiene presente que los caficultores generalmente podan los árboles de servicio al menos dos veces al año (Zamora, 1998), hojas más grandes proveerán una mayor superficie de hojarasca en el suelo.

Para algunos productores, el tamaño de hojas no fue un criterio clave mientras éstas se descompusieran rápidamente. El atributo de hojas y tallos de fácil descomposición, también ha sido apuntado por Beer (1987) y Geilfus (1994). Este criterio debería usarse con mucha cautela en la selección de especies promisoria pues representa "un arma de doble filo". Una rápida descomposición de la hojarasca facilita la incorporación de materia orgánica al suelo, pero una lenta descomposición del material disminuye la cobertura de malezas presentes en el suelo. Este último efecto ha sido demostrado por diferentes autores (Rivas, *et al.*, 1993; Salazar *et al.*, 1993; Jiménez *et al.*, 1998; Muschler, 1998)

Solamente el 24 % de los productores coincidieron con algunos autores (Camargo, 1971; Guerra, 1976; Fournier, 1979 y ANACAFE, 1995) en que los árboles deben poseer follaje permanente para ser asociados con café. Más de la mitad de los productores prefirieron árboles con follaje no permanente. El follaje permanente de los árboles asegura que el cafetal se mantenga sombreado durante todo el año. A la vez se evita que el cafeto sufra estrés, por el cambio repentino de sombra a sol que provoca la pérdida de las hojas en árboles de follaje no permanente. Por otra parte, la hojarasca de árboles caducifolios contribuyen con mejorar la fertilidad y estructura del suelo. Además la hojarasca que cae, ayuda a controlar las malezas presentes por lo que el productor puede reducir el uso de insumos destinados para esa labor. Estos efectos puede ser aún más importantes, si estos árboles se introducen en fincas de café sin sombra, caracterizadas usualmente por una mala protección del suelo, baja restitución de materia orgánica y reciclaje de nutrientes y una alta exportación de los mismos, lo que conlleva a los productores a depender considerablemente de productos químicos.

Lo mencionado anteriormente no quiere decir que los árboles caducifolios son los únicos que contribuyen con mejorar la fertilidad y estructura del suelo. En árboles perennifolios también hay renovación de follaje no obstante, quizás los productores no perciben los efectos de éstos árboles sobre el suelo puesto que la pérdida de hojas en perennifolios no es tan marcada como lo es en

árboles caducifolios. Talvez para los productores una alta incorporación de materia orgánica signifique mucha hojarasca en el suelo en un momento determinado y por tanto, no notan el continuo aporte de hojarasca de árboles perennifolios. Una opción para aprovechar los beneficios tanto de árboles de follaje permanente como no permanente consiste en crear diferentes estratos arbóreos, utilizando diferentes especies. De esta manera el cafetal permanecerá con una cobertura arbórea durante todo el año, y a la vez se beneficiará con la caída continua de hojarasca de los árboles.

Los caficultores distinguieron cuáles son las cualidades maderables que deben poseer los árboles para obtener un mayor beneficio de ellos. Todos los productores coincidieron con lo investigado (Montealegre, 1938; Fournier, 1979; Beer, 1987; Bellow y Muschler, 1999) en que los árboles deben poseer un tronco recto si su objetivo es la producción de madera. Casi todos prefierieron árboles de fuste alto aunque anteriormente habían mencionado que los árboles altos eran difíciles de manejar y provocaban daños por la gotera. Esto demuestra que para los productores algunas desventajas de los maderables no son tan importantes puesto que se ven compensados con la obtención de madera.

Aunque la autopoda no causa el mismo efecto de la poda algunos caficultores indicaron que un árbol que se autopode es mejor porque no se le debe dar manejo. Esto podría deberse a que algunos productores no conocen la importancia de la poda sobre la calidad final de la madera. Por otra parte, a diferencia de lo que reportaron Beer (1987); Bellow y Muschler (1999); Muschler (1999) y Fischersworring y Roßkamp (2001), no todos los productores consideraron importante la autopoda de los árboles. Algunos consideraron que es mejor que ellos mismos realicen las podas porque de esta manera la sombra de su cafetal puede regularse según sea necesario y además se reduce el daño sobre cafetos por la caída repentina e ramas. Por esta misma razón, los productores coincidieron con lo indicado en la mayoría de las investigaciones (Camargo, 1971; Guerra, 1976; Beer, 1987, 1995; Geilfus, 1994; ANACAFE, 1995; Muschler, 1999; Fischersworring y Roßkamp, 2001) en que los árboles deben poseer ramas y tallos no quebradizos

Al igual que en muchas de las publicaciones, todos los productores prefierieron árboles que fueran compatibles con el cultivo de café. Los productores buscaban árboles "que se llevaran con el café" es decir, árboles que no causen daños ya sea por enfermedades, efectos alelopáticos, por ser posibles hospederos de insectos patógenos, entre otros. Por ejemplo, consideraban que árboles como el pino no pueden ser utilizados en cafetales porque poseen efectos alelopáticos sobre la vegetación que esté a su alrededor. Es decir, los productores medían la compatibilidad de un árbol con el café visualmente. A través de su experiencia ellos han observado que cafetos que están

alrededor de determinados árboles son por ejemplo menos vigorosos, más pequeños, muestran síntomas de alguna deficiencia (p.e. amarillamiento), o presentan mayor incidencia de alguna enfermedad. De esta manera han logrado determinar cuales especies son más compatibles que otras. Sin embargo, el productor no parece saber que la compatibilidad árbol-cafeto también puede ser medida a través de su efecto sobre la producción del café.

En general los productores opinaron que los árboles deberían contribuir con la biodiversidad y el medio ambiente. Sin embargo, cuando se les había preguntado anteriormente acerca de las ventajas de los árboles solamente ocho indicaron como beneficio el de cumplir con funciones ecológicas. Lo anterior indica nuevamente, que los productores no ven los árboles primordialmente con fines conservacionistas.

Aunque muchos productores no supieron indicar cuáles de sus árboles eran nativos o exóticos, la mayoría de ellos si prefirieron para sus cafetales árboles nativos que exóticos. Ellos sabían que los árboles nativos son los que mejor se adaptan a las condiciones climáticas existentes en la zona y los que poseen mayor aceptación local. Estas ventajas de los árboles nativos han sido mencionados por algunos autores como Beer, *et al.* (1998) y Muschler (1999). En contraste, otros productores consideraban que el origen de los árboles no era importante mientras que éstos proveyeran productos adicionales y no causaran daños en su cafetal. Esta aseveración coincide con lo mencionado por Mesén (1996) quién asegura que no se puede recomendar una especie como inapropiada tan solo por su condición ya sea nativa o exótica. Según el autor la selección de una especie debe basarse en criterios técnicos que maximicen la producción dentro de un contexto ecológicamente sostenible.

Por último es importante mencionar que a pesar de que la mayoría de los caficultores no ha recibido capacitación acerca del uso de árboles en cafetales, ellos a través de su experiencia han logrado establecer cuáles son las características de los árboles que más responden tanto a sus necesidades como a las del cultivo. De este modo, resulta de suma importancia realizar talleres tanto de capacitación como de retroalimentación entre productores e investigadores para que ambos expongan sus experiencias acerca del asocio de árboles con café. Se debe tener presente que las preferencias de los productores son sumamente valiosas pues ellos son los que finalmente decidirán si utilizan un determinado árbol en su cafetal.

5.3 Importancia y peso de los atributos en la zona cafetalera Atlántica

La situación actual que enfrentan los caficultores costarricenses no solamente por la reducción de los precios del café sino que también por el alza en los costos de producción justificó la necesidad de seleccionar árboles que brindaran una alta incorporación de materia orgánica, alta producción de biomasa y que tuvieran capacidad de fijación de nitrógeno. Los productores se beneficiarán al poseer un sistema más productivo donde se reduce la necesidad de utilizar insumos externos (Ramírez, 1993). Además teniendo en cuenta las condiciones sub-óptimas de suelo (p.e. pedregosidad y acidez) presentes en la zona, éstos atributos se vuelven muy importantes para mejorar la fertilidad y estructura del suelo, tal y como ha sido demostrado en diferentes investigaciones (p.e. Alpizar *et al.*, 1988, Beer *et al.*, 1998; Vaast y Soeck, 1999).

Uno de los requisitos indispensables para contribuir con una caficultura sostenible es que el sistema sea productivo. Como ya ha sido demostrado por algunos autoresc(Beer *et al.*, 1997; Galloway y Beer, 1997), los árboles pueden generar ingresos económicos importantes con sus productos adicionales sobre todo si los precios del café se mantienen bajos por mucho tiempo. De esta manera resultó de suma importancia para la selección especies promisorias que éstas brindaran productos secundarios.

El atributo de velocidad de crecimiento obtuvo un valor de prioridad medio debido a que si bien buscamos un árbol que en menor tiempo brinde sombra al cafetal y provea productos secundarios, una alta tasa de crecimiento del árbol también puede estar asociada a una mayor competencia árbol–cultivo. Además este atributo no resultó de muy alta importancia si lo que pretendemos es que los productores diversifiquen sus cafetales. La selección de especies no se puede enfocar solamente en árboles de crecimiento rápido porque se estaría dejando por fuera algunas especies importantes como por ejemplo el cipresillo (*P. guatemalensis*) solamente por ser de crecimiento lento.

Teniendo presente que los productores de la zona realizaban labores mínimas sobre los árboles de su cafetal, el atributo de manejo de los árboles así como el de fácil establecimiento obtuvieron un valor alto de importancia. Debido a la actual crisis cafetalera es mejor que los productores utilicen especies de fácil manejo y establecimiento para disminuir los costos de producción, ya sea por la compra de insumos o mano de obra requerida.

El atributo de densidad de copa se calificó como de prioridad intermedia debido a que aunque los productores mencionaron su preferencia por árboles de copa rala también afirmaron que éste atributo puede ser modificado a través de las podas. Es decir, ellos también consideraban la utilización de especies de copa densa. Sin embargo, éste atributo no se clasificó como de prioridad

baja debido a que se ha demostrado que el tipo de sombreamiento del cafetal dependerá fuertemente de la densidad de las copas (Muschler, 1999).

El atributo de forma de copa obtuvo un valor de prioridad bajo (1) ya que a pesar de que éste influye en el grado de sombreamiento del cafetal, los productores de la zona lo consideraban como un atributo de poca importancia. Es decir, los caficultores de esta zona no se inclinaban por especies de copa ancha o angosta porque su decisión dependía del objetivo de producción.

Como ya se ha mencionado la poda jugaba un papel muy importante entre los caficultores de la zona. No solamente se efectuaban podas para estimular la producción de frutos sino que también se realizan podas de formación para regular la entrada de luz en los cafetales. De esta manera, si pretendemos que los productores de la zona adopten el uso de alguna especie, es indispensable que los árboles seleccionados soporten podas fuertes.

En el caso de árboles de servicio el atributo de soportar podas fuertes al igual que la capacidad de rebrote se calificaron de como de alta importancia si se tiene como objetivo aumentar el aporte de materia orgánica al suelo. Una alta capacidad de rebrote no solamente favorece que el cafetal se encuentre sombreado en menor tiempo sino que también pone a disposición nuevo material vegetativo que puede ser incorporado al suelo (Geilfus, 1994). Teniendo presente las limitantes de suelo de la zona resulta muy importante el aporte de biomasa proveniente principalmente de árboles de servicio.

La profundidad del sistema radicular obtuvo un valor de prioridad alto debido a que es muy importante evitar en lo posible una competencia árbol-cafeto. Además, debido a que el alto costo de los insumos en Costa Rica dificulta el manejo de los cafetales (entre ellos la nutrición del suelo), la competencia por nutrientes puede tener efectos importantes sobre la producción del café. En este mismo sentido, un sistema radicular profundo es muy importante ya que, entre otras cosas, el reciclaje de nutrientes pone a disposición del cafeto nutrimentos que no se encontraban al alcance de sus raíces.

Los atributos de fortaleza del sistema radicular y el de ramas y tallos no quebradizos resultan muy importantes en zonas con vientos fuertes. Sin embargo, la zona cafetalera Atlántica no presenta esta condición climática y por tanto ambos atributos fueron de prioridad baja para esta zona. Relacionado también con las condiciones climáticas, el atributo de follaje permanente resulta de poca importancia en la zona de estudio debido a que ésta es una característica determinante en regiones con época seca marcada. Por el contrario, la zona cafetalera Atlántica se caracteriza mas bien por presentar una condición lluviosa durante todo el año y por lo tanto, no es tan importante que los árboles posean follaje permanente o caducifolio.

El tamaño de las hojas obtuvo también un bajo peso debido a que éste no es un atributo importante para los caficultores de la zona. No obstante, la velocidad de descomposición de las hojas obtuvo un valor de prioridad intermedio. Aunque para los productores era muy importante que el material vegetativo fuera de fácil descomposición, la zona cafetalera Atlántica se caracteriza por sus altos regímenes de lluvias durante todo el año (Zamora, 1998). Aquí es donde una descomposición del follaje más lenta contribuye a mantener una capa de hojarasca sobre el suelo protegiéndolo de la erosión causada por el impacto de la lluvia. Además, existe un mayor control de malezas por lo que se disminuyen los costos de producción del cultivo al reducirse el uso de herbicidas y mano de obra. De esta manera para esta zona la rápida descomposición hojarasca no fue un atributo altamente importante.

Con respecto a las cualidades maderables, la rectitud de fuste obtuvo un valor alto de prioridad teniendo en cuenta que ésta influye en la calidad de madera obtenida y por tanto el valor del producto final (Muschler, 1999). La altura de fuste obtuvo un peso medio de importancia ya que no solamente la altura sino también el diámetro de fuste determinarán el volumen de madera obtenido. Es decir, de nada nos sirve un fuste muy alto si posee un diámetro muy pequeño. Además la altura de fuste de una especie no resulta tan importante como sí lo es la calidad de su madera. El atributo de autopoda se calificó como de bajo peso debido a que en general para los productores de la zona ésta es una característica es indiferente. Se puede decir que este atributo no influirá de manera importante en la decisión de los productores de utilizar un árbol determinado.

La compatibilidad del árbol con el café obtuvo una prioridad alta debido a que éste influye de manera importante sobre la producción de café (Muschler, 1999). La misma importancia tuvieron los atributos de no favorecer el desarrollo de enfermedades y no convertirse en maleza agresiva ya que éstos influyen tanto sobre el desarrollo como sobre la producción de café. Además lo que se busca son opciones que mejoren la situación del caficultor para hacer su sistema sostenible.

Como mencionaron Jiménez y Muschler (2001) para que un sistema sea sostenible se deben conservar los recursos naturales y la biodiversidad incluyendo plantas y animales, pues éstos son base de la producción actual y futura. De esta manera el atributo de cumplir funciones ecológicas recibió un valor de prioridad alto.

El atributo de adaptación de los árboles a la zona obtuvo un valor de prioridad alto debido a que es indispensable que los árboles seleccionados puedan no solamente desarrollarse en la zona sino que también llegar a la etapa reproductiva con éxito.

Por último, el atributo de origen de los árboles (nativos o exóticos) recibió un peso intermedio debido a que, aunque este estudio tiene como prioridad para la selección de especies promisorias los

árboles nativos, no se puede rechazar o recomendar una especie solamente por su origen. Existen ejemplos de especies como los cítricos, la fruta de pan (*A. communis*) y el pejibaye (*B. gasipaes*) que aunque han tenido un largo proceso de naturalización en Centroamérica, son especies exóticas y sin embargo han sido adoptadas en muchos cafetales de la zona por otros atributos diferentes a su origen.

5.4 Selección de especies árboreas nativas promisorias para cafetales

Primero que todo se debe recalcar, que hasta el momento no se ha reportado suficiente información acerca de muchas de las especies nativas, sobre todo en lo referente a arquitectura de raíces (27 sp.) e incorporación y descomposición de materia orgánica (12 sp.). Por lo tanto, la calificación presentada en este trabajo es preliminar hasta tanto no se reporten los datos faltantes para esas especies.

Es importante mencionar que la selección de las especies nativas se realizó con base en atributos claves que deben poseer los árboles para su compatibilidad con café y sin tomar en cuenta la abundancia de éstos en los cafetales de la zona. De esta manera se encontró que de los 16 árboles nativos seleccionados como promisorios ocho fueron encontrados en menos del 10% de los cafetales de la zona. Por el contrario, otros árboles que se encontraron comúnmente en los cafetales no fueron seleccionados como promisorios por no cumplir con atributos claves importantes. Por ejemplo la naranja dulce (*Citrus sinensis* (L.) Oesbeck), encontrada en el 58% de los cafetales, no se seleccionó como promisoria por poseer características indeseables tales como no ser de rápido crecimiento, no ser de fácil manejo, poseer un sistema radicular superficial, poseer una copa densa y un material vegetativo de difícil descomposición.

A la vez se debe anotar que las listas de atributos fueron aplicadas a todas las especies arbóreas y herbáceas incluyendo nativas y exóticas. Sin embargo, las especies seleccionadas como promisorias fueron solamente las especies nativas. Así árboles como la carambola (*Averrhoa carambola*) y la manzana rosa (*Syzygium jambos*) a pesar de haber obtenido una alta calificación según la lista de criterios de la literatura (Anexo 10 A2) no se incluyeron en la lista por ser especies exóticas. Se debe recordar que el objetivo de esta investigación fue seleccionar árboles nativos promisorios. Sin embargo según los resultados obtenidos, sería importante que se realicen estudios para estudiar a fondo el potencial que pueden tener estas especies para asociarse con café.

También debe tenerse presente que la selección de especies va a depender entre otras cosas del objetivo de producción, del manejo de las especies y de su adaptación a las condiciones climáticas y de suelo presentes. Por lo tanto, a pesar que el marañón (*A. occidentale)* obtuvo uno de los valores

más altos de prioridad, no se adapta bien a las condiciones climáticas de la región en estudio por ser una especie que requiere épocas secas marcadas para la producción de frutos.

Como se mencionó en los resultados, la mayoría de los atributos que determinan el asocio de árboles con café reportados en la literatura coincidieron con los atributos preferidos por los productores de la zona. Probablemente por esta razón, la mayoría de las especies arbóreas seleccionadas como promisorias para esta zona, no fueron diferentes al aplicar ambas listas de criterios. Sin embargo, las discrepancias que hubieron entre las preferencias de los productores hacia algunos atributos y lo que reporta la literatura, influyeron en que algunas de las especies clasificadas con la lista de criterios de la literatura fueron diferentes de las clasificadas con los criterios de los productores. Por ejemplo la vainilla (*C. spectabilis*) fue escogida como promisoria según los criterios de la literatura pero no con la lista de criterios de los productores. Esto se debe a que según los criterios de la literatura los árboles deben poseer hojas pequeñas (Geilfus, 1994; ANACAFE, 1995; Beer, 1995; Bellow y Muschler, 1999) y follaje permanente (Camargo, 1971; Guerra, 1976; Beer, 1987; Beer, 1995). Por el contrario, los productores de la zona prefierieron que las especies de servicio tuvieran hojas grandes y follaje no permanente. De esta manera, la vainilla (*C. spectabilis*) obtuvo una calificación más alta al aplicar la lista de criterios de la literatura.

Otro ejemplo es el caso del cacao (*T. cacao*) que fue seleccionado como promisorio únicamente al aplicar los criterios de los productores. Los caficultores prefirieron que los árboles frutales tuvieran una copa ancha y que el tipo de follaje no fuera permanente. La literatura en cambio, menciona que los árboles deben poseer copa angosta (Guerra, 1976; Beer, 1987; Geilfus, 1995; Beer, 1995; Muschler, 1999) y follaje permanente (Camargo, 1971; Guerra, 1976; Beer, 1987; Beer, 1995). A la vez, a diferencia de los productores, en la literatura se considera como un atributo clave de los árboles que no sean susceptibles a plagas y enfermedades y que no favorezcan la aparición de enfermedades sobre el café. El cacao no cumple con estos criterios por lo que su calificación según la literatura, es más baja que la obtenida con la lista de criterios de los productores. De todas maneras, debe resaltarse que el uso del cacao como árbol de sombra es poco común y muy restringido a pocas zonas.

Por último es importante mencionar que las especies promisorias de la zona cafetalera Atlántica de Costa Rica fueron escogidas como resultado de un análisis de condiciones propias de la zona, entre ellas, las preferencias de los productores, las características climáticas y de suelo y la situación actual de la caficultura costarricense. Esto implica que las especies seleccionadas en este estudio probablemente no serán las mismas que se seleccionarán si se realiza un estudio similar en otras zonas de Costa Rica o en otro país.

6. CONCLUSIONES

1. La mayoría de los caficultores no comprenden la importancia de los árboles nativos como parte de la flora regional y como fuente de refugio y alimento para la fauna silvestre. Ningún productor mencionó como desventaja de la introducción de árboles exóticos el impacto que causan sobre la biodiversidad local y el medio ambiente. La mayoría de los productores ven a los árboles solamente con fines productivos y no como una fuente de conservación de la biodiversidad y el medio ambiente.

2 Los caficultores percibieron tanto ventajas como desventajas de los árboles presentes en su cafetal. Los árboles no sólo proveen muchos productos como frutos, madera y leña, sino que brindan beneficios directos al cafetal como son la provisión de sombra, el control de malezas, la incorporación de materia orgánica y nitrógeno al suelo, la contribución a la protección del suelo y el mejoramiento del microclima del cafetal. Entre las desventajas se señalaron la aparición de enfermedades, la disminución en la producción de café y la competencia por nutrientes. Estas desventajas no tuvieron tanta importancia en comparación con los beneficios que se obtenían. Los productores mantienen árboles como la naranja y la mandarina, que aunque aseguran que disminuyen la producción de café, les proveen de productos secundarios para el autoconsumo o la venta.

3 La mayoría de los caficultores lograron aportar experiencias valiosas acerca de árboles nativos que se utilizaban en el pasado en cafetales. La familia de árboles más utilizada como sombra de cafetales en el pasado fue la Fabaceae. Las Ingas representaban una importante fuente de leña en épocas donde la electricidad no estaba al alcance de todos. Las recomendaciones técnicas realizadas por técnicos e instituciones en los años 70s relacionados con reducir hasta eliminar la sombra fue la principal razón para que muchos cafetales diversificados tradicionales se convirtieran en sistemas simplificados con pocas especies de árboles o ninguna.

4 Los atributos claves más importantes que determinan la compatibilidad de árboles con café son los relacionados con características de arquitectura y compatibilidad de los árboles (p.e. forma y tamaño de copa, tamaño de hojas, características del follaje y arquitectura de raíz), y los relacionados con el establecimiento y manejo de los árboles. La mayoría de los atributos que determinan la compatibilidad de especies arbóreas con café reportados en la literatura coinciden con los atributos identificados por los productores de la zona. Esto es importante por cuanto la adopción de especies arbóreas seleccionadas como promisorias por parte de los productores es más factible si los atributos claves utilizados por la literatura concuerdan con sus preferencias a nivel de campo.

5 La selección y priorización de atributos claves de compatibilidad de especies arbóreas con café puede ayudar a identificar de una gran diversidad de especies maderables, frutales y de servicio, aquellas que más se adapten a los objetivos del productor, requerimientos del cultivo y las condiciones ambientales existentes en una región determinada. Para la región cafetalera Atlántica de Costa Rica, de las 62 especies arbóreas encontradas en los cafetales de la zona, 17 fueron seleccionadas como promisorias para cafetales. Así mismo, la mayoría de las especies seleccionadas como promisorias al aplicar las listas de criterios claves según los productores y la literatura son las mismas.

6 Aunque algunas especies (p.e. cítricos) no fueron clasificadas como promisorias por no cumplir con algunos atributos claves, no debe descartarse la idea de utilizar estos árboles en cafetales (con un manejo adecuado) ya que proveen otros beneficios, tales como el valor de la fruta, que pueden brindar ganancias adicionales a los productores.

7. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar un estudio para tipificar el componente arbóreo de los cafetales de la zona en cuanto a la abundancia relativa de cada una de las especies presentes en los cafetales. Así mismo, para disminuir la degradación o erosión genética de muchas de las especies arbóreas, sobre todo aquellas clasificadas como escasas o raras, se recomienda localizar y proteger los árboles con características fenotípicas sobresalientes (arboles *plus)* que existan en la zona.

2. Se recomienda llevar a cabo actividades de capacitación para que los agricultores comprendan la importancia de los sistemas agroforestales como fuente de conservación de la biodiversidad regional. En este mismo sentido se debe promover en los productores la diversificación de sus cafetales con especies nativas. Se le debe educar al caficultor sobre la importancia de las especies nativas como parte de la flora regional y como hábitat para la fauna silvestre.

3. Debido a que la información existente para muchas especies nativas promisorias se limita más que todo a descripciones botánicas, se debe elaborar una caracterización más específica de las especies nativas sobre todo en lo referente a arquitectura de raíces e incorporación y descomposición de materia orgánica.

4. Se requieren efectuar investigaciones acerca del comportamiento y efecto de las especies nativas seleccionadas como promisorias sobre el café para corroborar los efectos positivos y negativos mencionados por los productores de la zona. Para ello se deben establecer ensayos en diferentes fincas de la región para evaluar el efecto de éstos árboles sobre por ejemplo la aparición de plagas y enfermedades sobre el café, el ciclaje de nutrientes, los efectos alelopáticos y la competencia por agua y nutrientes. Se deben establecer parcelas permanentes para evaluar la productividad de maderables nativos y de café en asocio, y determinar las densidades y arreglos espaciales óptimos para el asocio de éstos árboles con café.

5. Se recomienda realizar estudios para determinar las funciones ecológicas que pueden cumplir las especies nativas promisorias. En este sentido evaluar las especies como fuente de refugio y alimento para insectos, aves, mamíferos y reptiles, y determinar si fomentan el control biológico y la conservación y fertilidad de los suelos.

6. Se recomienda ejecutar estudios para evaluar especies arbóreas nativas que en el presente no son utilizadas en cafetales pero que podrían presentan potencial para ser asociadas con café en el futuro.

7. Se recomienda evaluar también especies arbóreas nativas que en el presente no son utilizadas en cafetales pero que podrían tener un potencial para ser asociadas con café en el futuro.

8. BIBLIOGRAFÍA

ANACAFE. 1995. Manual de caficultura para el pequeño caficultor. Asociación Nacional del Café, Guatemala.

Alpízar, L; Fassbender, HW; Heuveldop, J; Enriquez, G; Fölster, H. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomasa y reservas nutritivas. Turrialba. 35(3):233-242

Alpízar, LA. 1988. Interacción de café y otras plantas, con especial referencia a la sombra tipo permanente. *In*: Curso regional sobre nutrición del café. San José, CR. IICA. p. 55-82

Arias, R. 1993. Árboles nativos de uso múltiple utilizados por pequeños productores de Guatemala. Revista Forestal Centroamericana. 7(3): 10-15.

Baraona, MO. 2000. Jocote, anona, cas: tres frutas campesinas de América. 1 ed. Heredia, CR. Editorial Universidad Nacional. 151 p.

Beer, J. 1987. Ventajas, desventajas y características deseables en los árboles de sombra para café, cacao y té. *In*: Jiménez, F; Vargas, A. eds. Apuntes de Clase del Curso Corto: Sistemas Agroforestales. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, CR. p. 169-186

_____. 1993. Production and competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* and *Erytrhina poeppigiana* in an agroforestry system with *Coffea arabica*. Ph.D. Thesis, Oxford University. 230 p.

_____. 1995. Efectos de los árboles de sombra sobre la sostenibilidad de un cafetal. *In* Seminario Regional de Consulta sobre Caficultura Sostenible. IICA/PROMECAFE. San Francisco Zapotitlán, Guatemala. p. 13-18

_____; Muschler, R.; Somarriba, E.; y Kass, D. 1997. Maderables como sombra para el café. Boletín Promecafé no. 76-77:5-7.

_____; Muschler, R.; Somarriba, E.; y Kass, D. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems. 38:139-164.

Bellow, JG; Muschler, RG. 1999. Screening for promising tree associates for coffee in Central America. *In*: Jiménez, F; Beer, J. comps. Proceedings of the International Symposium "Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops". CATIE/DANIDA/GTZ/ICRAF/IUFRO. Turrialba, CR. p. 171-174

Benedetti, RS. 1992. Sistemas Agroforestales. Ciencia e Investigación Forestal. 6(2): 281-293.

Bornemiza, E. 1982. Nitrogen cycling in coffee plantations. Plant and soil. 67:241-246

Büngel, J. 1998. Árboles de sombra en cafetales: resultados de investigación en COOPEPILANGOSTA R. L. - Hojancha- y COOPECERROAZUL R.L. – Los Ángeles de Nandayure- Región Nicoya / Guanacaste, Costa Rica. Fundación Friedrich Ebert. San José, CR. 71 p.

Butterfield, R. 1995. Desarrollo de especies forestales en tierras húmedas bajas de Costa Rica. CATIE. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Área de Manejo y Silvicultura de Bosques Tropicales. 42 p. (Serie técnica. Informe técnico CATIE)

Calvo, J. 1995. Recuperación de tierras degradadas para el manejo productivo: reforestación en la zona Sur. Boletín Kuru. 18:2.

_____; Arias, D; Sibaja, A. 1996. Especies nativas para la reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. Proyecto de Especies Nativas Zona Sur, CR. Instituto tecnológico de Costa Rica. Boletín Informativo N°5. p. 1-3.

Camargo de León, S. 1971. La sombra en el café. Revista Cafetalera. 105:20-26.

Carrera, F; Pinelo, G. 1995. Prácticas mejoradas para aprovechamientos forestales de bajo impacto. Turrialba, CR. CATIE. 60p. (Informe técnico no. 262)

CATIE. 1994. Laurel *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavon) Oken, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Programa manejo integrado de recursos naturales. Turrialba, CR. 52 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 239)

CATIE. 1995. Vochysia, *Vochysia ferruginea* Mart (Vochyciaceae): especie de árbol de uso múltiple en América Central. Programa manejo integrado de recursos naturales. Turrialba, CR. 32 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 261)

Chinchilla V, E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. 1 ed. Instituto de fomento y asesoría municipal. San José, CR. 396 p.

Consejo Nacional de Producción, CR. 2001. Servicio de Información de Mercados: frutas y vegetales (en línea). San José, CR. Consultado 24 nov. 2001. Disponible en http://www.mercanet.cnp.go.cr/PreciosenFerias2001.htm

Cook, OF. 1901. Shade in coffee culture. Washington, US. U.S. Department of Agriculture. 79 p. (Bulletin no. 25)

Díaz, W; Relova, R. 1989. Comportamiento de la vegetación indeseable en plantaciones de cafetos (*C. alliodora*, L) bajo diferentes tratamientos de regulación de sombrío. Cultivos Tropicales 11(4):19-26

Díaz, ER; Salazar, FR; Mesén, F. 1991. Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata*. Silvoenergía 51:1-4.

Espinoza, L. 1983. Estructura general de cafetales de pequeños agricultures. *In:* Heuveldop, J; Espinoza, L. eds. El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. Turrialba, CR. CATIE. p. 72-84.

Escalante, G; Herrera R, Aranguren, J. 1984. Nitrogen fixation in shade trees (*Erythrina poeppigiana*) in cacao plantations in North Venezuela. Pesquisa Agropecuaria Brasileña. 19:223-230.

Fassbender, HW. 1987. Nitrogen cycling in agroforestry systems of coffee (*Coffea arabica*) with shade trees in the central experiment of CATIE. *In:* Beer, J; Fassbender, HW; Heuveldop, J. eds. Advances in agroforestry research. Turrialba, CR. CATIE. p. 155-165.

Fernández, CE; Muschler, RG. 1999. Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. *In*: Bertrand, B; Rapidel, B eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. CIRAD-IICA-PROMECAFE. p. 69-96.

Fischersworring H, B; Roßkamp R, R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. 3 ed. Deutsche Gesellschaft Technische Zusammenarbeit (GTZ). 153 p.

Fournier O, LA. 1979. El cultivo del jaul (*Alnus jorullensis*) en fincas de café en Costa Rica. *In:* Salas, G de la. ed. Taller de Sistemas Agroforestales en América Latina. Turrialba, CR. p. 163-167.

_____; García D, EG. 1998. Nombres vernaculares y científicos de los árboles de Costa Rica. 1 ed. San José, CR. Guayacán. 262 p.

Gallina, S; Mandujano, S; Gonzáles-Romero, A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, México. Agroforestry Systems 33:13-27

Galloway, G; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. CATIE, Turrialba, CR. 168 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 285.)

Geilfus, F. 1994a. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Turrialba, CR, CATIE: ENDA CARIBE. v.1 657 p. (Serie Técnica. Manual técnico/CATIE; no.9)

_____. 1994b. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Turrialba, CR, CATIE: ENDA CARIBE. v.2 778 p. (Serie Técnica. Manual técnico/CATIE; no.9)

Goldberg, AD; Kigel, J. 1986. Dynamics of the weed community in coffee plantations grown under shade trees: effect of clearing. Israel Journal of Botany. 35:121-131

Gómez, M. 1995. Precios de productos forestales en América Central. Revista Forestal Centroamericana. 12:25-30.

Gonzáles V, JA. 1999. Impacto económico del manejo de los cafetales con y sin sombra para la conservación de aves e insectos en la III zona cafetalera de Heredia. Tesis Mag. Sc. Universidad Nacional, Heredia, CR. 150 p.

Greenberg, R; Bichier, P; Sterling, J. 1997. Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of Eastern Chiapas, México. Biotropica. 29(4):501-507.

Guerra D, A. 1976. Manual técnico del cultivo del café en el Salvador: tipos de sombra más comunes. Santa Techa, ES. Instituto Salvadoreño de Investigación de café. p. 109-114.

Guiracocha, F. 2000. Conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales cacaoteros y bananeros de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, CR. 128 p.

Gutiérrez, GG. 1994. Caficultura costarricense. *In*. Cortés, GE. ed. Atlas agropecuario de Costa Rica. 1 ed. Universidad Estatal a Distancia. San Jose, CR. p. 275-285

Harvey, CA. 2001. Agroforestería y biodiversidad. *In*. Jiménez, F; Muschler, R.; Köpsell, E. eds. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, CR. p. 95-136.

Hernández, OG; Beer, J; von Platen, H. 1997. Rendimiento de café (*Coffea arabica* cv. Caturra), producción de madera (*Cordia alliodora*) y análisis financiero de plantaciones comerciales con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. Agroforestería de las américas. 4(13):8-13.

Herrera, W. 2000. Costa Rica: Mapa guía de la naturaleza, plano de carreteras, escala 1:200,000. INCAFO, S.A. CR. pag 32.

Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, CR. IICA. 216 p.

_____, Poveda, LJ; Jiménez, Q. 1997. Árboles de Costa Rica. 2 ed. San José, CR. Centro Científico Tropical. v.1, 544 p.

Instituto Geográfico Nacional, CR. 2001. División territorial administrativa del año 2001 (en línea). San José, CR. Consultado 17 nov. 2001. Disponible en http://www.ingcr.com

Instituto del Café de Costa Rica. s.f. Producción de café en Costa Rica (en línea). San José, CR. Consultado 21 nov. 2001. Disponible en http://www.icafe.go.cr/producción.htm

Instituto del Café de Costa Rica. 2001. Precios del café (en línea). San José, CR. Consultado 21 nov. 2001. Disponible en http://www.icafe.go.cr/site2.nsf/p2.cierrebny2

Jiménez, J; Kass, D; Jiménez, F. 1998. El cultivo en callejones. *In:* Jiménez, F; Vargas, A. eds. Apuntes de clase del curso corto: sistemas agroforestales. Turrialba, CR. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. p. 257-277

Jiménez, F; Muschler, R. 2001. Introducción a la Agroforestería. *In:* Jiménez, F; Muschler, R.; Köpsell, E. eds. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. CATIE. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba, CR. p. 1-24

Jiménez, ML. 1996. Abastecimiento y comercialización de semillas forestales nativas en Costa Rica. *In*: Asociación Costarricense para el estudio de Especies Forestales Nativas. 2 ed. Moravia, CR. p. 9-15

Jiménez, Q; Poveda LJ. 1991. Árboles maderables nativos de Costa Rica. Contribuciones del Departamento de Historia Natural no. 5. 32p.

Jiménez, Q; Poveda, LJ. 1996. Lista actualizada de los árboles maderables de Costa Rica. Revista Aportes al Desarrollo Sostenible no. 2. Universidad Nacional. 36p.

Jiménez M, Q. 1999. Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica. 2 ed. Heredia, CR. Instituto Nacional de Biodiversidad. 187 p.

_____; Poveda, L. 1996. Lista actualizada de los principales árboles maderables nativos de Costa Rica. Sánchez-Vindaz, PE. ed. Heredia, CR. Instituto Nacional de Investigación y Servicios Forestales, Universidad Nacional. 36 p.

Llanderal, L. 1998. Diversidad del dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., CATIE, Turrialba, CR. 59 p.

Lyngbaek, A.; Muschler, R y Sinclair, F. 1999. Productividad, mano de obra y costos variables en fincas cafetaleras orgánicas y convencionales de Costa Rica. Agroforestería en las Américas. 6(23):24-26.

Masís, JA. 1996. Guía de ensayos de progenie, huertos semilleros y ensayos clonales. Proyecto Mejoramiento Genético Forestal. CATIE, Turrialba, CR. sp.

Mesén, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. Turrialba, CR, CATIE. 42p. (Serie Técnica, Informe Técnico no.156)

_____. 1996. Mejoramiento genético de especies forestales nativas de Costa Rica. In: Asociación Costarricense para el estudio de Especies Forestales Nativas. 2 ed. Moravia, CR. p. 17-30

_____; Dvorak, WS. 1992. Seed collections and vegetative propagation of threatened multipurpose species in Central America. *In* Network/Workshop Meeting of the board on science and technology development. CATIE, Turrialba, CR. 11 p.

Moguel, P; Toledo, VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. Conservation Biology. 13:11-21.

Moneda el periódico financiero. 2001. Cotizaciones del café, Centroamérica, México y Colombia: ratifican destrucción del café (en línea). Nicaragua. Consultado 21 nov. 2001. Disponible en http://monedani.terra.com/moneda/noticias/mnd1329.htm

Montealegre, MR. 1938a. Estudios sobre el café. Revista del Instituto del Café de Costa Rica. 6(42):263-273.

_____. 1938b. Estudios sobre el café. Revista del Instituto del Café de Costa Rica. 6(43):359-373.

Muñoz, G. 1997. Importancia de la sombra en el cafetal. Agroforestería de las Américas. 4(13):25-27.

Muschler, R. 1997a. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. Memorias del 18vo Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. p. 157-162.

_____. 1997b. Sombra o sol para un cafetal sostenible: un nuevo enfoque de una vieja discusión. In Memorias del 18vo Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. p. 471-476.

_____. 1998. Tree-Crop Compatibility in Agroforestry: Production and Quality or Coffee Grown under Managed Tree Shade in Costa Rica. Tesis Ph.D., USA: University of Florida. 219 p.

_____. 1999. Arboles en Cafetales. Turrialba, C.R.. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 139 p. (Materiales de enseñanza CATIE; no.45)

_____. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee zone of Costa Rica. Agroforetry Sistems (Paises Bajos). 51(2): 131-139.

Palm, CA; Sánchez, PA. 1991. Nitrogen release from the leaves or some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biology and Biochemistry. 23:731-737.

Peck, RB; Bishop, JP. 1992. Management of secondary tree species in agroforestry systems to improve production sustainability in Amazonian Ecuador. Agroforestry Systems. 17:53-63.

Perfecto, I; Rice, R.A.; Greenberg, R; van der Voort, M.E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. Shade coffee plantations can contain as much biodiversity as forest habitats. BioScience. 46:598-608.

Podger, C. 1999. Café amigo de la biodiversidad dando una mano a El Salvador. Abecafé. p. 24-29.

Poveda, JL; Sánchez-Vindas, PE. 1997. Claves dendrológicas para la identificación de los principales árboles y palmas de la zona Norte y Atlántica de Costa Rica. 1 ed. San José, CR. ODA (Overseas Development Administration). 160 p.

_____; Sánchez-Vindas, PE. 1999. Árboles y palmas del Pacífico Norte de Costa Rica. 1 ed. San José, CR. Guayacán. 234 p.

PROMECAFE. 2000a. Oferta y demanda mundial del café, exportaciones de los países Centroamericanos, Brasil, Colombia, México y Vietnam. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). p. 7-8 (Boletín no. 85)

_____. 2000b. Año cafetalero 1999-2000: Cifras globales de exportación. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). p. 4-5 (Boletín no. 87-88).

Ramírez, LG. 1993. Producción de café (*Coffea arabica*) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook. *In*: Westly, SB; Powel, MH. eds. Erythrina in the New and Old Worlds: Nitrogen Fixing Tree Association. Hawai, US. p. 121-124.

Ramírez, FJ. 1996. Algunas Sugerencias sobre el manejo de especies nativas en Costa Rica. . *In*: Especies forestales nativas, una opción para la reforestación sustentable en Costa Rica.

Asociación Costarricense para el estudio de Especies Forestales Nativas. 2 ed. Moravia, CR. p. 45-49

Red Nacional de Investigación de Costa Rica. 1995. Internet de Costa Rica (en línea). San José, CR. Consultado 29 ago. 2001. Disponible en http://www.cr/internet/mapacr.html

Relova, R; Polan, J. 1988. Diferencias de la dinámica de población de malezas en viveros estacionarios de cafetos al sol y bajo sombra controlada. Cultivos tropicales. 10(1):84-90

Rice, R. 1996. Coffee Modernization and ecological changes in Northern Latin America. Coffee's importance in a quality region. Tea & Coffee Trade Journal. 169(9):104-113.

_____; Ward, J. 1996. El Café, la conservación ambiental y el comercio en el Hemisferio Occidental: cómo pueden promover los individuos y las instituciones una agricultura y un manejo forestal ambientalmente sanos en el Norte de América Latina. Caicedo, C. ed. Organic Crop Improvement Association trad. Washington, DC, US. Centro de Aves Migratorias Smithsonian Institution y Consejo para la Defensa de Recursos Naturales. 51 p.

Rivas, C; Blanco, M; Staver, C. 1993. Coberturas muertas de follajes de árboles de sombra para el control de malezas en café. *In*: XVI Simposio sobre Caficultura Latino*americana*. Managua, NI. v.2, s.p.

Rodríguez, L. 1996. Plantaciones forestales con especies nativas, su situación actual. *In*: Especies forestales nativas, una opción para la reforestación sustentable en Costa Rica. Asociación Costarricense para el estudio de Especies Forestales Nativas. 2 ed. Moravia, CR. p. 39-43

Salazar, F; Szott, L; Palm, CA. 1993. Crop-tree interactions in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin. Agroforestry Systems. 22:67-82

Sabogal, C. 1983. Observaciones sobre la combinación de *Cedrela odorata* con café en Tabarcia-Palmichal (Cantón Puriscal). *In*. Heuveldop, J; Espinoza, L. eds. El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica. CATIE. Turrialba, CR. p. 90-101.

Samper, M. 1999. Trayectoria y viabilidad de las caficulturas centro*americanas*. *In*: Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. CIRAD-IICA-PROMECAFE. p. 1-68.

Sánchez-Víndaz, PE. 1983. Flórula del Parque Nacional Cahuita. San José, CR. EUNED (Universidad Estatal a Distancia). 380 p.

_____; Poveda A, LJ. 1997. Claves dendrológicas para la identificación de los principales árboles y palmáceas de la zona Norte y Atlántica de Costa Rica. 1 ed. Overseas Development Administration. San José, CR. 144 p.

Scheaffer, RL; Mendenhall, W; Ott, L. 1987. Elementos de muestreo. 3 ed. Grupo Editorial Iberoamérica, SA de CV. Trads. Rendón S, G; Gómez A, JR. México D.F, MX. 321 p.

Serrano D, A. 1977. Tipos de sombra más comunes. El café de Nicaragua. 307:20-23

Seudieu, DO. 1997. Coffee world coffee economy: situation and outlook. *In*: Echeverri, J; Zamora, L. comps. Memorias del XVIII simposio Latinoamericano de caficultura. San José, CR. IICA-PROMECAFE. p. 13-24.

SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación del Sector Agropecuario, CR). 1999. Área dedicada a las principales actividades agrícolas en Costa Rica: 1990-1999. (en línea). San José, CR. Consultado 21 set. 2001. Disponible en http://www.mideplan.go.cr/sides/ambiental

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

Somarriba, E; Beer, J. 1987. Dimensions, volume and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. Forest Ecology and Management. 18:113-126.

Stiles, FG. 1991. *Vermivora peregrina*. *In*: Janzen, DH. ed.; Chavarría, M. trad. Historia natural de Costa Rica. 1 ed. San Jose, CR. Editorial Universidad de Costa Rica. p. 624-625.

Tavares, FC; Beer, J; Jiménez, F; Schroth, G; Fonseca, C. 1999. Experiencia de agricultures de Costa Rica con la introducción de maderables en plantaciones de café. Agroforestería en las Américas. 6(23):17-20.

The Natural History Museum, UK. 2001. Coffee and Biodiversity Conservation in El Salvador: Trees of Shade Forest (en línea). London, UK. Consultado 10 nov. 2001. Disponible en http://www.nhm.ac.uk/botany/coffee/specieslists.html

Vaast, P; Snoeck, D. 1999. Manejo sostenible de la material orgánica y de la fertilidad biológica de los suelos cafetaleros. *In*: Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. CIRAD-IICA-PROMECAFE. p. 139-169.

Vásquez-Yanez, C; Batis M, AI; Alcocer S, MI; Gual M, D; Sánchez D, C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación (en línea). México. CONABIO. Instituto de Ecología, UNAM. Consultado 30 ago. 2001. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/arboles/pdfespecies

Viera, CJ; Köpsel, E; Beer, J; Lok, R; Calvo, G. 1999. Incentivos financieros para establecer y manejar árboles maderables en cafetales. Agroforestería en las Américas. 6(23):21-23.

Wang, A; Avelino, J. 1999. El Ojo de gallo del cafeto (*Mycena citricolor*). *In*: Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. CIRAD-IICA-PROMECAFE. p. 243-260.

Wood, PJ; Burley, J. 1995. Un árbol para todo propósito: introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para agroforestería. Centro internacional para investigación y agroforestería: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, CR. 180 p. (Colección investigación y desarrollo IICA, no. 27)

Zamora, QL. 1998. Manual de Recomendaciones para el cultivo de café. 1 ed. Heredia. CR. ICAFE-CICAFE. Unidad de Producción Agrícola. 195 p.

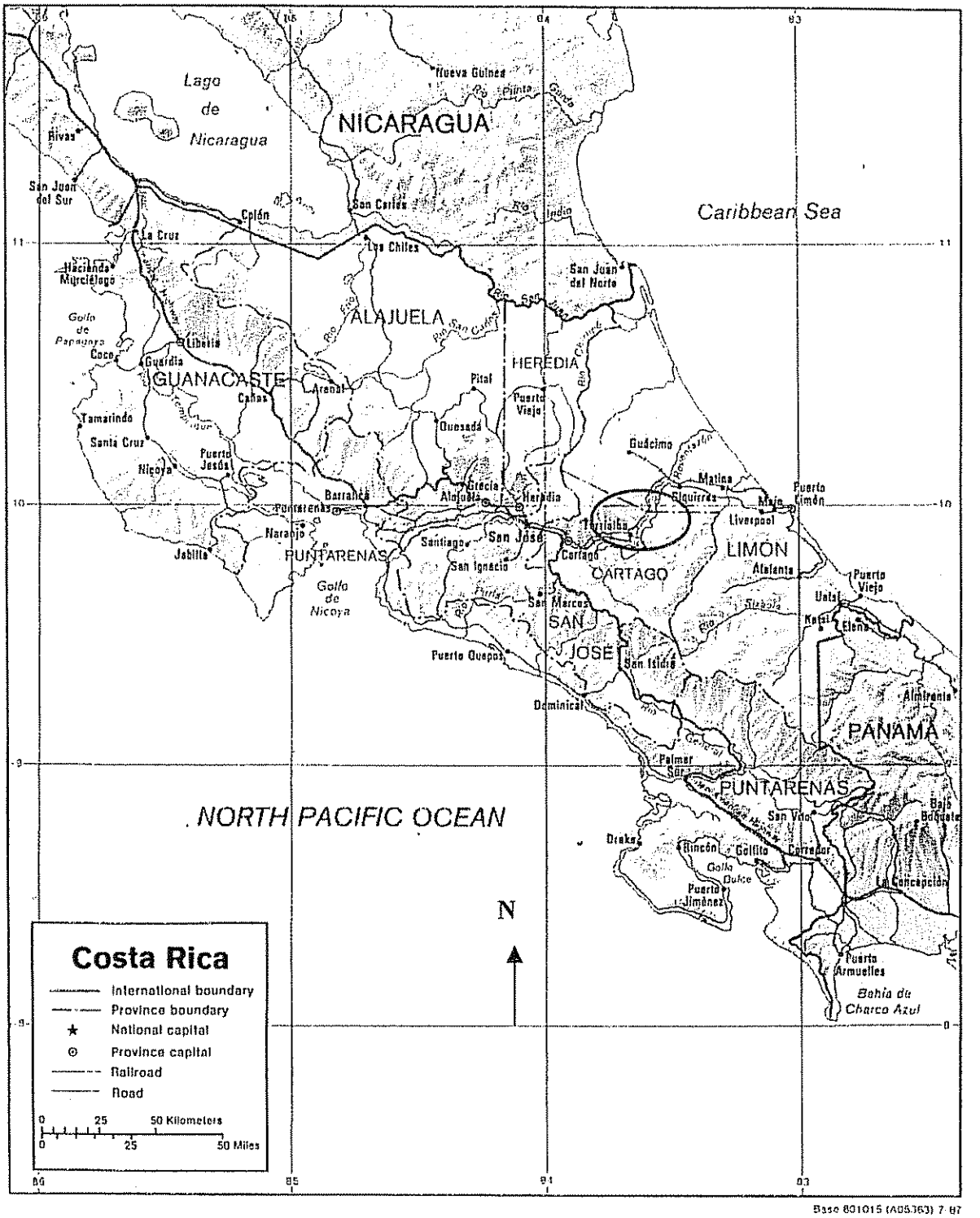
Zamora V, N. 1993. Flora arborescente de Costa Rica. 1 ed. Cartago, CR. Tecnológica de Costa Rica. 262 p.

_____. 2000. Árboles de la Mosquitia Hondureña: descripción de 150 especies. Turrialba, CR. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 314 p. (Serie técnica. Manual técnico no. 43)

_____; Pennington, TD. 2001. Guabas y cuajiniquiles de Costa Rica (*Inga* spp). 1 ed. Heredia, CR. INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad). 200 p.

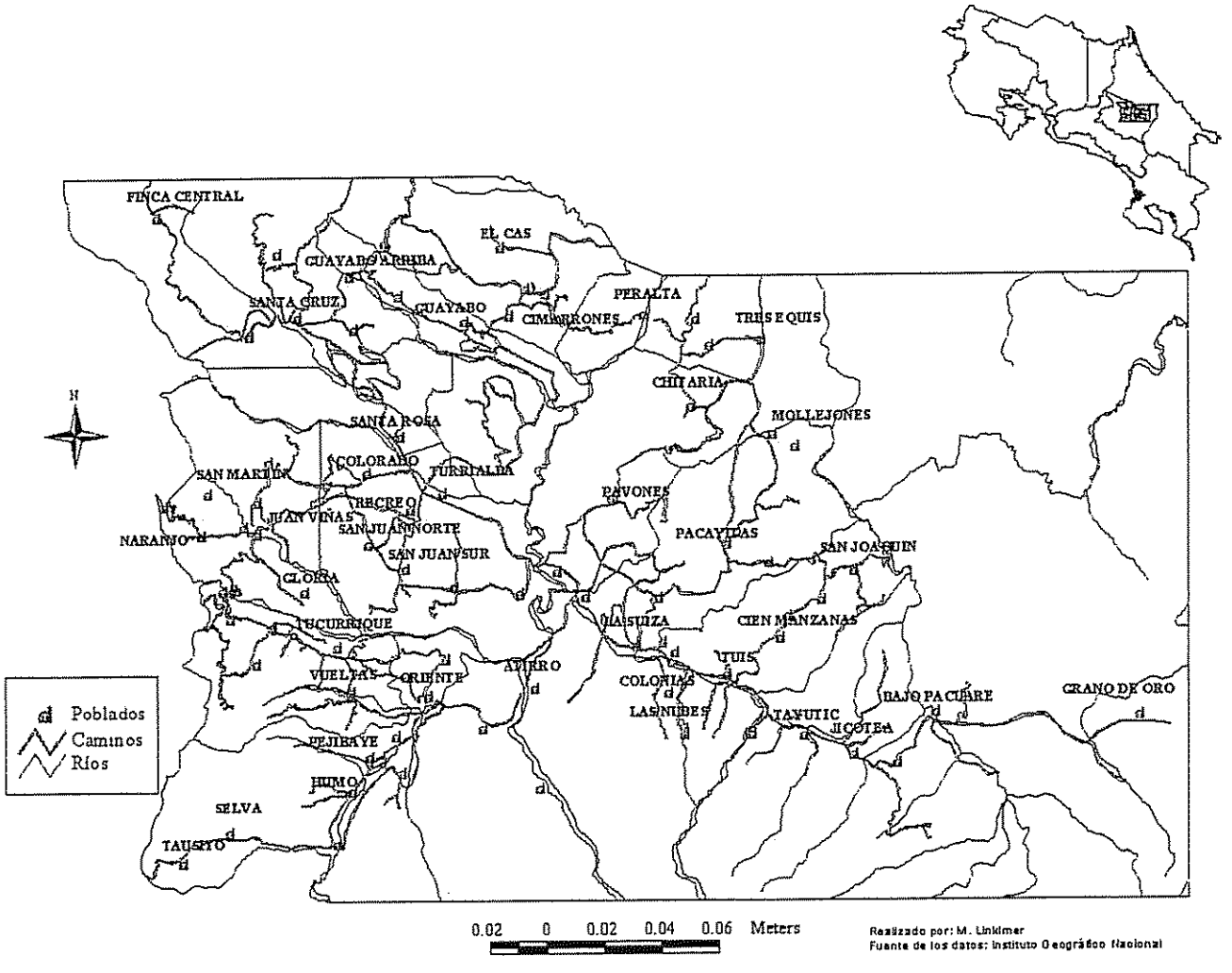
9. ANEXOS

Anexo 1A. Mapa de Costa Rica. El círculo sobre el mapa corresponde a la región en estudio.



Fuente: Red Nacional de Investigación de Costa Rica (1995).

Anexo 1B. Mapa detallado de la zona de estudio. Región media de la Zona Cafetalera Atlántica de Costa Rica



Anexo 2. Cuestionario para entrevistar a caficultores acerca de las especies presentes en el dosel

I- Información general

1. Nombre del encuestado:_____# encuesta:_____
2. Localización de la finca:_____
3. Años de experiencia en café:_____
4. Tamaño de la finca:_____
5. Cuánto tiene sembrado de café?_____
6. Var. de café:_____
7. Distancia de siembra_____

II-Características del Sistema Café – Sombra

8. ¿Qué tipo de sombra utiliza Ud. en su cafetal? _____

a. Temporal b. Permanente c. Ambas d. Ninguna (*pasa a la 19)*

9. ¿Cuáles son los árboles de sombra que se encuentran en su cafetal? Usos? (Cuadro)

9.1 Los árboles que se encuentran en su cafetal le traen algún beneficio? Cuales árboles y cuál beneficio. (Cuadro)

9.2 Los árboles que se encuentran en su cafetal poseen limitaciones o presentan alguna desventaja para el café? Cuales árboles y cuáles limitaciones (Cuadro)

Nombre común	Usos	Beneficio	Limitaciones

10. Cómo estableció la sombra de su cafetal? _____

a. Primero los árboles y luego el café (*pasa a la 11*)

b. Primero el café y luego la sombra (*pasa a la 11*)

c. La sombra se estableció naturalmente (*pasa a la 13*)

d. Otra_____

10. Quién toma la decisión de cuáles árboles sembrar en su cafetal?_____

11. Cómo selecciona o decide cuáles árboles va a sembrar en su cafetal?

_____

_____

_____

12. Ud. deja todos los árboles que nacen en su cafetal (1) o permite que se establezcan algunos y corta otros (2)?_____

13. Si deja todos los árboles, por qué lo hace? Si permite sólo algunos y corta otros; cómo selecciona o decide cuáles árboles debe dejar en su cafetal?

_____

_____

_____

14. Ud. realiza algún tipo de práctica o labor sobre los árboles que se encuentran en su cafetal?_____ Si____ No____

15. Cuáles prácticas realiza? A cuáles árboles o a todos los maneja igual?

_____

_____

_____

16. A qué distancia se encuentran los árboles de sombra en su cafetal?_____

17. Ud. piensa que esa distancia es la apropiada para su cafetal?_____ Si____ No_____, por qué si o no? _____

_____

_____

III. Apreciaciones personales de los caficultores

18. Cree Ud. que en general los árboles de sombra le traen beneficios a su cafetal? ____

Si____ No____ *(pasa a la 20)*

18.1 Según su opinión cuáles son los 5 beneficios más importantes al tener árboles en el café?

a._____ b._____

c._____ d._____

e._____

19. Cree Ud. que existen algunas desventajas al asociar árboles con café____

Si____ No____*(pasa a la 21)*

19.1 Mencione las 5 desventajas que son más importantes para Ud.

a._____ b._____

c._____ d._____

e._____

20. Según su opinión, cuál es el factor que más influye en la decisión de usar árboles en cafetales?_____

a. Recibe incentivos del estado
b. Representa un ingreso adicional
c. Facilita el manejo del cafetal
d. Incrementa producción de café
d. Amigable con el ambiente
e. Disminuye los costos de producción

f. Otros_____

21. Cuál de los siguientes tipos de árboles prefiere ud. para darle sombra a su cafetal.:_____

a. Maderables b. Frutales c. Leñosas

d. Proveen alimento a pájaros o animales e. De servicio

f Otros:_____

22. Según su experiencia, Ud. ha encontrado diferencias entre cafetales con sombra de árboles nativos de la zona (por ej. Laurel) y cafetales con sombra de árboles traídos de afuera (eucalipto)?_____ Sí____ (*pasa a la 24)* No____(*pasa a la 25*)

23. Cuáles diferencias ha encontrado? _____

_____

_____

24. Ud. se acuerda de algunos árboles que se sembraban antes en cafetales?; o que usaban sus papás o sus abuelos?_____ Sí___ No____

24.1 Cuáles eran los árboles, recuerda el uso que se les daba? (Cuadro)

24.2 Sabe Ud. si estos árboles le traían algún beneficio al cafetal? Cuales árboles y cuál beneficio. (Cuadro)

24.3 Conoce Ud. la razón por la cuál estos árboles dejaron de utilizarse. Cuales árboles y cuáles razones?

Nombre común	**Usos**	**Beneficios**	**Limitaciones (por qué dejaron de usarse?)**

25. Características de los árboles que son preferidas por el productor

Atributo	Preferencias del productor		
Crecimiento	Rápido	Lento	NI
Manejo (podas)	Fácil	Difícil	NI
Provee productos secundarios (leña, madera, frutos, etc)	Si	No	NI
Producción de MO	Alta	Baja	NI
Compatible con el cultivo	Si	No	NI
Sistema radical	Profundo Fuerte	Superficial Débil	NI NI
Copa	Rala Angosta	Densa Se extienda hacia los lados	NI NI
Hojas	Pequeñas	Grandes	NI
Ramas y tallos	No Quebradizos	Quebradizos	NI
Troncos (Productos Maderables)	Rectos Altos	Bifurcados Bajos	NI NI
Soporta podas fuertes	Si	No	NI
Rebrota fácilmente	Si	No	NI
Fija Nitrógeno	Si	No	NI
Autopoda	Si	No	NI
Follaje	Permanente	Pierda follaje en alguna estación	NI
Contribuya a la biodiversidad, medio ambiente	Si	No	NI
Origen	Nativos de la zona	Traídos de afuera	

26. Según las características que ud mencionó anteriormente, cuál otro árbol cree Ud que pudiera utilizarse como sombra en cafetales de la zona? Usos?

26.1 Cree Ud. que estos árboles le traerían algún beneficio al café? Cuáles árboles y qué beneficio? (Cuadro)

26.2 Conoce Ud. si estos árboles presentan alguna limitación o desventaja para el café? Cuáles árboles y cuál limitación? (Cuadro)

Nombre común	Usos	Beneficios	Limitaciones

27. Ha recibido alguna capacitación de árboles en cafetales?_____

Sí_____ No_____

28. Quién le ofreció esa capacitación?_____

29. Está capacitación ha hecho que Ud cambie la manera de manejar su cafetal?_____

Sí_____ No_____

Anexo 3. Especies presentes en el dosel de los cafetales según las encuestas realizadas a los productores. Los números representan el número de productores que informó sombra la especie en su cafetal (n= 95)

	Nombre común	Nombre científico	Familia	#	%
1	Güitite	*Acnistus arborescens*	Solanaceae	4	4.2
2	Marañon	*Anacardium occidentale*	Anacardiaceae	3	3.2
3	Guanábana	*Annona muricata*	Annonaceae	20	21.1
4	Anona	*Annona reticulata*	Annonaceae	5	5.3
5	Fruta de pan	*Artocarpus communis*	Moraceae	8	8.4
6	Carambola	*Averrhoa carambola*	Averrhoaceae	2	2.1
7	Pejibaye	*Bactris gasipaes*	Arecaceae	25	26.3
8	Nance	*Byrsonima crassifolia*	Malphigiaceae	7	7.4
9	Cedro Maria	*Calophyllum brasiliense*	Clusiaceae	2	2.1
10	Caobilla	*Carapa guianensis*	Meliaceae	2	2.1
11	Papaya	*Carica papaya*	Caricaceae	6	6.3
12	Vainilla	*Cassia spectabilis*	Caesalpinaceae	3	3.2
13	Guarumo	*Cecropia obtusifolia*	Cecropiaceae	2	2.1
14	Cedro amargo	*Cedrela odorata*	Meliaceae	21	22.1
15	Limón ácido	*Citrus aurantifolia*	Rutaceae	25	26.3
16	Naranja agria	*Citrus aurantium*	Rutaceae	9	9.5
17	Toronja	*Citrus grandis*	Rutaceae	1	1.1
18	Limón dulce	*Citrus limetta*	Rutaceae	32	33.7
19	Grape fruit	*Citrus máxima*	Rutaceae	8	8.4
20	Mandarina	*Citrus reticulata*	Rutaceae	29	30.5
21	Naranja	*Citrus sp*	Rutaceae	55	57.9
22	Cantarillo	*Conostegia sp.* 1	Melastomataceae	2	2.1
23	Lengua de vaca	*Conostegia sp* 2	Melastomataceae	2	2.1
24	Laurel	*Cordia alliodora*	Boraginaceae	58	61.1
25	Reina de la Noche	*Datura sp*	Solanaceae	5	5.3
26	Níspero	*Eriobotrya japonica*	Rosaceae	5	5.3
27	Poró	*Erythrina poeppigiana*	Papilionaceae	79	83.2
28	Higueron	*Ficus sp*	Moraceae	1	1.1
29	Madero negro	*Gliricidia sepium*	Papilionaceae	17	17.9
30	Burío	*Heliocarpus sp.*	Tiliaceae	3	3.2
31	Guaba	*Inga sp*	Mimosaceae	23	24.2
32	Nogal	*Juglans sp*	Juglandaceae	2	2.1

	Nombre común	Nombre científico	Familia	#	%
33	Mango	*Mangifera indica*	Anacardiaceae	4	4.2
34	Mamón	*Melicoccus bijugatus*	Sapindaceae	1	1.1
35	Banano	*Musa spp.* 1	Musaceae	50	52.6
36	Guineo negro	*Musa spp.* 2	Musaceae	2	2.1
37	Plátano	*Musa spp.* 3	Musaceae	19	20.0
38	Ira rosa	*Nectandra sp.*	Lauraceae	5	5.3
39	Ira	*Ocotea sp* 1	Lauraceae	1	1.1
40	Quizarrá amarillo	*Ocotea sp* 2	Lauraceae	3	3.2
41	Aguacate	*Persea Americana*	Lauraceae	22	23.2
42	Pino	*Pinus sp*	Pinaceae	6	6.3
43	Cipresillo	*Podocarpus guatemalensis*	Podocarpaceae	2	2.1
44	Chumico	*Pourouma bicolor*	Cecropiaceae	1	1.1
45	Zapote	*Pouteria sapota*	Sapotaceae	1	1.1
46	Durazno	*Prunus persica*	Rosaceae	3	3.2
47	Cas	*Psidium friedrichsthalianum*	Myrtaceae	26	27.4
48	Guayaba	*Psidium guajava*	Myrtaceae	14	14.7
49	Plomillo	*Sacoglottis trichogyna*	Humiricaceae	2	2.1
50	Aceituno negro	*Simarouba amara*	Simaroubaceae	2	2.1
51	Llama del bosque	*Spathodea campanulata*	Bignoniaceae	4	4.2
52	Yuplón	*Spondias dulcis*	Anacardiaceae	8	8.4
53	Jocote	*Spondias purpurea*	Anacardiaceae	1	1.1
54	Manzana rosa	*Syzygium jambos*	Myrtaceae	8	8.4
55	Manzana de agua	*Syzygium malaccensis*	Myrtaceae	19	20.0
56	Roble Sabana	*Tabebuia rosea*	Bignoniaceae	1	1.1
57	Magnolia	*Talauma gloriensis*	Magnoliaceae	1	1.1
58	Cacao	*Theobroma cacao*	Sterculiaceae	4	4.2
59	Fruta dorada	*Virola sp.*	Myristicaceae	1	1.1
60	Chancho colorado	*Vochysia ferruginea*	Vochysiaceae	4	4.2
61	Itabo	*Yucca guatemalensis*	Agavaceae	21	22.1
62	Lagartillo	*Zanthoxylum sp*	Rutaceae	1	1.1

Anexo 4. Tipo de hábitat, procedencia y condición actual de abundancia de las especies mencionadas por los productores según Jiménez y Poveda (1996); Sánchez-Vindas y Poveda (1997). Bp= típica en bosque primario; Bs= típica en bosque secundario; Pa= típica en pastizal arbolado; MA= muy abundante; A= abundante; ES= escasa; R,P= rara o en peligro de extinción; E= exótica; N= nativa. La condición actual solo se reporta para especies maderables.

Especie	Bp	Bs	Pa	Est	Proc
Acnistus arborescens					N
Anacardium occidentale		x		A	N
Annona muricata		x			N
Annona reticulata	x				N
Artocarpus communis		x			E
Averrhoa carambola					E
Bactris gasipaes		x			E
Byrsonima crassifolia		x		MA	N
Calophyllum brasiliense	x	x	x	A	N
Carapa guianensis	x	x		A	N
Carica papaya					N
Cassia spectabilis					N
Cecropia obtusifolia		x		MA	N
Cedrela odorata	x	x	x	ES	N
Citrus aurantifolia		x			E
Citrus aurantium					E
Citrus grandis					E
Citrus limetta					E
Citrus máxima					E
Citrus reticulata					E
Citrus sp					E
Conostegia sp. 1	x		x	MA	N
Conostegia sp 2	x		x	MA	N
Cordia alliodora		x	x	A	N
Datura sp		x			N
Eriobotrya crassifolia	x	x		A	N
Erythrina poeppigiana		x			N
Ficus sp	x	x		A	N
Gliricidia sepium		x			N
Heliocarpus sp.		x			N
Inga sp		x		A	N

Especie	Bp	Bs	Pa	Est	Proc
Juglans sp.					E
Mangifera indica		x			E
Melicoccus bijugatus		x		A	N
Musa spp. 1					E
Musa spp. 2					E
Musa spp. 3					E
Nectandra sp		x		ES	N
Ocotea sp.		x		ES	N
Ocotea sp.		x		ES	N
Persea americana		x			N
Pinus sp.					E
Podocarpus macrostachyus	x			R,P	N
Pourouma bicolor		x		MA	N
Pouteria sapota	x	x		A	N
Prunus persica		x			E
Psidium friedrichsthalianum		x		MA	N
Psidium guajava		x		MA	N
Sacoglottis trichogyna	x		x	ES	N
Simarouba amara		x	x	A	N
Spathodea campanulata					E
Spondias dulcis		x			E
Spondias purpurea		x	x	MA	N
Syzygium jambos		x			E
Syzygium malaccensis		x			E
Tabebuia rosea	x	x	x	A	N
Taluma gloriensis	x	x	x	ES	N
Theobroma cacao		x			E
Virola sp.	x	x		A	N
Vochysia ferruginea	x	x		A	N
Yucca guatemalensis					N
Zanthoxylum sp	x	x		ES	N
Total	**16**	**40**	**10**		

Anexo 5. Utilidad de las especies registradas en los cafetales de la zona según la literatura. Mad= uso como madera; Leñ= provee leña; Fau= provee frutos para la fauna silvestre; Som= usa como sombra; Com= Frutos comestibles para humanos; Fo= uso como forrajera; Med= propiedades medicinales; Pest= propiedades pesticidas; Or= utiliza como ornamental.

Especie	Mad	Leñ	Fau	Som	Com	Fo	Med	Pes	Or	Otros
Acnistus arborescens			x							
Anacardium occidentale	x		x		x			x		Carbón
Annona muricata			x		x		x	x		
Annona reticulata			x		x					
Artocarpus communis			x		x	x	x			
Averrhoa carambola					x					Quita manchas
Bactris gasipaes	x		x		x					Palmito
Byrsonima crassifolia		x	x		x					
Calophyllum brasiliense	x		x				x		x	
Carapa guianensis	x					x	x	x		Jabón
Carica papaya					x	x	x			
Cassia spectabilis		x		x					x	Apicultura, cercas vivas
Cecropia obtusifolia	x		x			x	x		x	
Cedrela odorata	x						x		x	
Citrus aurantifolia					x		x			Apicultura, cercas vivas
Citrus aurantium	x				x		x			Perfumería
Citrus grandis	x				x		x			
Citrus limetta					x		x			
Citrus máxima					x					
Citrus reticulata					x					
Citrus sp		x			x		x			
Conostegia sp 1		x							x	
Conostegia sp 2		x							x	
Cordia alliodora	x	x		x		x	x		x	Control Biológico
Datura sp										
Eriobotrya japónica	x	x	x		x		x			Latex
Erythrina poeppigiana				x		x	x		x	Abono verde
Ficus sp	x					x			x	Prospección química
Gliricidia sepium	x	x	x	x		x	x	x	x	Cercas vivas
Heliocarpus sp				x						Amarras
Inga sp	x	x	x	x	x					Apicult., rompevientos

Especie	Mad	Leñ	Fau	Som	Com	Fo	Med	Pes	Or	Otros
Juglans sp	x	x	x		x	x			x	
Mangifera indica			x		x	x	x		x	Carbón
Melicoccus bijugatus	x			x	x					
Musa spp 1			x	x	x					
Musa spp. 2			x	x	x					
Musa spp. 3			x	x	x					
Nectandra sp	x		x			x				
Ocotea sp 1	x					x				
Ocotea sp 2	x		x			x				
Persea americana			x		x		x	x		
Pinus sp	x	x					x		x	Rompevientos
Podocarpus macrostachyus	x									
Pourouma bicolor	x	x	x			x			x	Lija
Pouteria sapota	x		x		x	x	x			
Prunus persica					x	x			x	
Psidium friedrichsthalianum			x		x	x				
Psidium guajava	x	x	x		x		x			
Sacoglottis trichogyna	x		x						x	
Simarouba amara		x	x			x	x		x	Oleaginosa
Spathodea campanulata		x		x		x	x		x	Apicult., Rompevientos
Spondias dulcis			x		x					
Spondias purpurea					x	x	x		x	
Syzygium jambos			x		x					Apicult., Rompevientos
Syzygium malaccensis			x		x				x	Rompevientos
Tabebuia rosea	x								x	
Taluma gloriensis	x								x	
Theobroma cacao			x		x		x			
Virola sp	x	x	x			x			x	Jabones y Candelas
Vochysia ferruginea	x	x					x		x	
Yucca guatemalensis					x					
Zanthoxylum sp	x	x					x			
Total	**29**	**18**	**31**	**11**	**34**	**21**	**27**	**5**	**24**	

Anexo 6. Especies presentes en el dosel de los cafetales y utilidad según los productores. Los números representan el número de productores relacionado con cada ítem (n= 95). A= comen los frutos; B= venden los frutos; C= obtienen leña; D= Obtienen madera; E= venden madera; F= usan madera para sus construcciones; G= usan como sombra; H= especie atrae fauna; I= otros.

Nombre común	Nombre científico	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Güitite	*Acnistus arborescens*								4	3
Marañon	*Anacardium occidentale*	3								
Guanábana	*Annona muricata*	20	1							
Anona	*Annona reticulata*	5								
Fruta de pan	*Artocarpus communis*	8		3						
Carambola	*Averrhoa carambola*	2								
Pejibaye	*Bactris gasipaes*	11	14							6
Nance	*Byrsonima crassifolia*	7								
Cedro Maria	*Calophyllum brasiliense*				2	1	1			
Caobilla	*Carapa guianensis*				2					
Papaya	*Carica papaya*	6								
Vainilla	*Cassia spectabilis*							3		
Guarumo	*Cecropia obtusifolia*			2					1	
Cedro amargo	*Cedrela odorata*				21	10	11			
Limón ácido	*Citrus aurantifolia*	25	16							
Naranja agria	*Citrus aurantium*	9	7							
Toronja	*Citrus grandis*	1								
Limón dulce	*Citrus limetta*	32	12							
Grape fruit	*Citrus maxima*	8								1
Mandarina	*Citrus reticulata*	29	6							
Naranja	*Citrus sp*	55	22					4		
Cantarillo	*Conostegia sp* 1				2					
Lengua de vaca	*Conostegia sp* 2				2					
Laurel	*Cordia alliodora*				58	33	41		2	
Reina de la Noche	*Datura sp*									8
Níspero	*Eriobotrya japónica*	5								
Poró	*Erythrina poeppigiana*			2				79		
Higuerón	*Ficus sp*				1					
Madero negro	*Gliricidia sepium*							17		4
Burío	*Heliocarpus sp*							3		2
Guaba	*Inga sp*			23				4		

Nombre común	Nombre científico	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Nogal	*Juglans sp*				2					
Mango	*Mangifera indica*	4								
Mamón	*Melicoccus bijugatus*	1	1							
Banano	*Musa spp* 1	50	12							1
Guineo negro	*Musa spp* 2	2								
Plátano	*Musa spp* 3	19	8					2		
Ira café	*Nectandra sp*				5		2			
Ira	*Ocotea sp*				1		1			
Quizarra amarillo	*Ocotea sp*				3					
Aguacate	*Persea americana*	22	5	8						
Pino	*Pinus sp*				6					
Ciprés blanco	*Podocarpus macrostachyus*									2
Chumico	*Pourouma bicolor*								1	1
Zapote	*Pouteria sapota*	1								
Durazno	*Prunus persica*	3								
Cas	*Psidium friedrichsthalianum*	26	16							
Guayaba	*Psidium guajava*	14		1						
Plomillo	*Sacoglottis trichogyna*			2						
Aceituno negro	*Simarouba amara*				2					
Llama del bosque	*Spathodea campanulata*							2		4
Yuplón	*Spondias dulcis*	8								
Jocote	*Spondias purpurea*	1								
Manzana rosa	*Syzygium jambos*	8								
Manzana de agua	*Syzygium malaccensis*	19	6							
Roble Sabana	*Tabebuia rosea*	1								
Magnolia	*Talauma gloriensis*	1								
Cacao	*Theobroma cacao*	4	1							
Fruta dorada	*Virola sp*				1					
Chancho colorado	*Vochysia ferruginea*				4		1			
Itabo	*Yucca guatemalensis*	21								6
Lagartillo	*Zanthoxylum sp*									
Total		**34**	**14**	**7**	**15**	**3**	**6**	**8**	**4**	**11**

BIBLIOTECA
Centro Internacional de Enseñanza e Información Agrícola

Anexo 7. Especies utilizadas en el pasado (20 años) en los cafetales de la zona Atlántica según los productores. El número representa el número de caficultores que mencionó la especie (n= 87)

	Nombre común	Nombre científico	Familia	#	%
1	Güitite	*Acnistus arborescens*	Solanaceae	3	3.45
2	Cedro maría	*Calophyllum brasiliense*	Clusiaceae	2	2.30
3	Vainilla	*Cassia spectabilis*	Caesalpinaceae	15	17.24
4	Guarumo	*Cecropia obtusifolia*	Cecropiaceae	5	5.75
5	Cedro amargo	*Cedrela odorata*	Meliaceae	10	11.49
6	Limón dulce	*Citrus limetta*	Rutaceae	9	10.34
7	Naranja dulce	*Citrus sp.*	Rutaceae	13	14.94
8	Lengua de vaca	*Conostegia sp.*	Melostomataceae	2	2.30
9	Laurel	*Cordia alliodora*	Boraginaceae	4	4.60
10	Madero negro	*Gliricidia sepium*	Papilionaceae	10	11.49
11	Burío	*Heliocarpus sp.*	Tiliaceae	3	3.45
12	Guaba colorada	*Inga alba*	Fabaceae	6	6.90
13	Guaba chilillo	*Inga edulis*	Fabaceae	18	20.69
14	Guaba caite	*Inga jinicuil / Inga densiflora*	Fabaceae	8	9.20
15	Cuajiniquil negro	*Inga marginata*	Fabaceae	13	14.94
16	Guaba peluda	*Inga orstediana*	Fabaceae	3	3.45
17	Juaniquil	*Inga punctata*	Fabaceae	11	12.64
18	Guaba cuadrada	*Inga sapinioides*	Fabaceae	3	3.45
19	Guaba blanco	*Inga sp.*	Fabaceae	10	11.49
20	Guaba	*Inga thibautiana*	Fabaceae	47	54.02
21	Banano	*Musa spp.*	Musaceae	10	11.49
22	Plátano	*Musa spp.*	Musaceae	7	8.05
23	Ira	*Ocotea sp.*	Lauraceae	3	3.45
24	Quizarrá	*Ocotea sp.*	Lauraceae	1	1.15
25	Aguacate	*Persea americana*	Lauraceae	7	8.05
26	Cas	*Psidium friedrichsthalianum*	Myrtaceae	2	2.30
27	Guayaba	*Psidium guajaba*	Myrtaceae	3	3.45
28	Higuerilla	*Ricinus communis*	Euforbiaceae	4	4.60
29	Anonillo	*Rollinia microsepala*	Annonaceae	6	6.90
30	Manzana rosa	*Syzygium jambos*	Myrtaceae	2	2.30
31	Manzana de agua	*Syzygium malaccensis*	Myrtaceae	1	1.15
32	Cacao	*Theobroma cacao*	Sterculiaceae	1	1.15
33	Achotillo	*Vismia sp.*	Clusiaceae	1	1.15
34	Chancho colorado	*Vochysia ferruginea*	Vochysiaceae	3	3.45
35	Itabo	*Yucca guatemalensis*	Agavaceae	4	4.60

Anexo 8. Utilidad de las especies presentes en el pasado en cafetales según los productores.

Nombre común	Nombre científico	Frutos	Leña	Madera	Sombra	Otros
Güitite	*Acnistus arborescens*		2		2	1
Cedro maría	*Calophyllum brasiliense*		2	2		
Vainilla	*Cassia spectabilis*		4		13	
Guarumo	*Cecropia obtusifolia*		5			
Cedro amargo	*Cedrela odorata*			10		
Limón dulce	*Citrus limetta*	9				
Naranja dulce	*Citrus sp.*	13				
Lengua de vaca	*Conostegia sp.*		2			
Laurel	*Cordia alliodora*			4		
Madero negro	*Gliricidia sepium*		3		7	
Burío	*Heliocarpus sp.*					3
Guaba colorada	*Inga alba*		5		6	
Guaba chilillo	*Inga edulis*		13		15	
Guaba caite	*Inga jinicuil / Inga densiflora*		8		8	
Cuajiniquil negro	*Inga marginata*		4		11	
Guaba peluda	*Inga orstediana*		3		3	
Juaniquil	*Inga punctata*		9		10	
Guaba cuadrada	*Inga sapinioides*		3			
Guaba blanco	*Inga sp.*		5		10	
Guaba	*Inga thibautiana*	1	28		29	
Banano	*Musa spp.*	10				
Plátano	*Musa spp.*	7				
Ira	*Ocotea sp.*			3		
Quizarrá	*Ocotea sp.*			1		
Aguacate	*Persea americana*	7			1	
Cas	*Psidium friedrichsthalianum*	2				
Guayaba	*Psidium guajaba*	3				
Higuerilla	*Ricinus communis*				4	
Anonillo	*Rollinia microsepala*		4	3		
Manzana rosa	*Syzygium jambos*	2	2		2	
Manzana de agua	*Syzygium malaccensis*	1				
Cacao	*Theobroma cacao*	1				
Achotillo	*Vismia sp.*		1			
Chancho colorado	*Vochysia ferruginea*			3		
Itabo	*Yucca guatemalensis*					4
Total		**11**	**18**	**7**	**14**	**3**

Anexo 9. Atributos claves que determinan la compatibilidad de los árboles con café según la literatura.

Atributo/Autor	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Características de establecimiento y crecimiento											
Ser de fácil establecimiento							x			x	
Crecer rápidamente	x	x	x	x	x	x	x			x	x
Tener vida larga (en caso de sombra permanente)						x					x
No crecer hasta tamaños gigantes						x					
Atributos de arquitectura y compatibilidad											
Poseer copa abierta (rala)	x				x	x	x			x	x
Poseer copa angosta (PM)			x	x	x		x			x	
Presentar hojas pequeñas					x	x	x	x			
Tener ramas y tallos no quebradizos (resistente al viento)		x	x		x	x	x	x		x	x
Poseer corteza lisa (no permita hospedar epífitas)	x				x						
No producir retoños					x						
Desarrollar la copa sobre el cultivo					x						
Tener un sistema radical profundo	x	x	x		x	x	x			x	x
Poseer un sistema radical fuerte					x			x		x	
Poseer follaje permanente		x	x	x			x				
En regiones secas, perder el follaje en la estación seca	x					x					
Presentar follaje no denso durante la estación lluviosa				x							
Su mantillo no debe alterar marcadamente la reacción del suelo				x							
Presentar capacidad de extraer nutrimientos del suelo que el cultivo no puede tomar	x				x			x			
Poseer arquitectura y fenología complementaria para los requerimientos del café									x	x	
Ser compatible con el cultivo (agua, nutrientes, espacio)	x			x	x				x	x	x
No ser susceptible a plagas y enfermedades		x		x	x			x	x	x	x
No ser hospedero alternativo de insectos patógenos					x	x		x	x	x	x
No presentar potencial de convertirse en una maleza agresiva					x	x		x		x	
No provocar efectos alelopáticos sobre el café				x	x	x		x	x	x	

Atributo/Autor	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Mejorar el ambiente para café (microclima, aporte de nutrientes)							x			x	
Debe poder adaptarse a caract. Físicas, químicas y biológicas de suelos cafetaleros				x							
Características de manejo y fisiología											
Ser de fácil manejo (principalmente podas)		x		x			x				
Tolerar el estrés ambiental (pueda adaptarse al crecimiento en pleno sol)					x					x	
Poseer tallos y ramas libres de espinas	x				x	x					
Poseer habilidad de propagación vegetativa			x		x	x			x		
Cualidades de servicio											
Tolerar podas fuertes					x	x		x	x	x	
Rebrotar Fácilmente					x	x	x			x	
Fijar de Nitrógeno	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Proveer alta producción de biomasa					x	x		x	x	x	
Poseer alta calidad de biomasa									x		
Poseer hojas y material leñoso de fácil descomposición					x	x					
Cualidades maderables											
Poseer troncos rectos, no bifurcados (PM)	x			x	x				x		
Poseer fuste alto (PM)									x		
Proveer madera de calidad (PM)	x			x			x		x		
Presentar autopoda					x				x	x	x
Productos secundarios											
Proveer leña de calidad	x	x									
Producir productos secundarios (madera de valor, frutas, follaje, leña, otros)			x		x	x			x		x
Funciones ecológicas											
Fomentar el control biológico										x	
Proveer hábitat para aves										x	
Fomentar conservación y fertilidad de suelos										x	

Fuente: (1) Montealegre (1938); (2) Camargo (1971); (3) Guerra (1976); (4), Fournier (1979), (5) Beer (1987); (6) Geilfus (1994); (7) ANACAFE (1995); (8) Beer (1995); (9) Bellow y Muschler (1999); (10) Muschler (1999); (11) Fischersworring y Roßkamp (2001)

Anexo 10 A1. Descripción de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. (1): Cumple con el atributo, (0): Cumple con el atributo parcialmente, (-1): No cumple con el atributo

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
Anacardium occidentale	3	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	1	1	-1	nr	1	1	1	1	1	-1
Annona muricata	20	0	1	1	1	-1	-1	1	1	1	0	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1
Annona reticulata	5	0	-1	1	1	-1	-1	1	0	0	0	-1	nr	1	1	-1	-1	1	1	1
Artocarpus communis	8	0	1	1	1	-1	nr	1	-1	-1	0	1	-1	-1	1	0	1	1	1	1
Averrhoa carambola	2	0	1	1	1	nr	nr	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1
Bactris gasipaes	25	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	nr	nr	-1	-1	-1	1	-1	1	1
Byrsonima crassifolia	7	1	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Carica papaya	6	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1
Citrus aurantifolia	25	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	1	1	1	1
Citrus aurantium	9	-1	-1	1	1	-1	1	1	0	1	1	-1	-1	1	1	0	-1	1	1	1
Citrus grandis	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	nr	1	1
Citrus limetta	32	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	1	1	1	1
Citrus paradisii	8	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
Citrus reticulata	29	0	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	1	1	1	1
Citrus sinensis	55	0	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	0	-1	-1	1	1
Eriobotrya japonica	5	1	1	-1	-1	nr	nr	-1	-1	0	1	nr	nr	-1	-1	-1	1	1	1	-1
Inga sp.	23	1	1	1	1	nr	nr	1	-1	0	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Mangifera indica	4	0	-1	1	1	0	1	-1	-1	0	1	nr	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1
Melicoccus bijugatus	1	-1	1	1	1	nr	nr	-1	-1	1	1	nr	nr	-1	1	1	1	1	1	-1
Musa spp.	71	1	1	1	1	-1	-1	1	0	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	0	1	1
Persea americana	22	0	1	1	1	-1	1	-1	0	0	1	1	nr	-1	1	1	-1	-1	1	1
Pouteria sapota	1	-1	1	1	1	nr	-1	-1	-1	-1	0	nr	nr	1	nr	1	-1	nr	1	1
Prunus persica	3	-1	1	1	1	nr	nr	1	0	1	-1	nr	nr	1	nr	-1	nr	nr	-1	-1
Psidium friedrichsthalianum	26	0	1	1	1	nr	nr	1	0	1	0	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Psidium guajava	14	1	1	1	1	-1	nr	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	-1	1
Spondias dulcis	8	1	1	1	1	nr	nr	1	0	1	-1	nr	nr	-1	nr	1	-1	nr	1	1
Spondias purpurea	1	1	1	1	1	nr	nr	1	-1	1	-1	1	nr	-1	1	1	1	1	1	1
Syzygium jambos	8	0	1	1	1	nr	nr	-1	-1	1	1	nr	nr	1	1	-1	1	1	1	1
Syzygium malaccensis	19	-1	1	1	1	nr	nr	-1	-1	-1	-1	1	nr	-1	-1	0	1	-1	1	1
Theobroma cacao	4	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	nr	-1	1	1	-1	-1	1	1

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Fácil establecimiento, (4) Tolera podas, (5) Raíz profunda, (6) Raíz fuerte, (7) Copa rala, (8) Copa angosta, (9) Hojas pequeñas, (10) Follaje permanente, (11) Incorpora materia orgánica, (12) Material de fácil descomposición (13) Ramas y tallos no quebradizos, (14) Compatible con el café, (15) Nativo, (16) No susceptible a plagas y enfermedades, (17) No favorece el desarrollo de enfermedades, (18) No se convierte en maleza agresiva. (19) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 10 A2. Priorización de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. Calificación realizada con base en 100. (1): Prioridad baja, (2): Prioridad media y (3): Prioridad alta

Nombre científico	N	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	Total	Calificación
Ideotipo		**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**3**	**2**	**1**	**3**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**43**	**100**
Inga sp.	23	2	3	3	3	nr	nr	2	-1	0	1	3	-2	1	3	2	3	3	3	3	32	74
Psidium friedrichsthalianum	26	0	3	3	3	nr	nr	2	0	1	0	3	-2	1	3	2	3	3	3	3	31	72
Spondias purpurea	1	2	3	3	3	nr	nr	2	-1	1	-1	3	nr	-1	3	2	3	3	3	3	31	72
Anacardium occidentale	3	2	3	3	3	3	1	2	-1	0	1	3	-2	nr	3	2	3	3	3	-3	29	67
Byrsonima crassifolia	7	2	3	3	3	3	-1	2	-1	1	1	-3	-2	1	3	2	3	3	3	3	29	67
Averrhoa carambola	2	0	3	3	3	nr	nr	-2	-1	1	1	3	-2	1	3	-2	3	3	3	3	23	53
Carica papaya	6	2	3	3	3	3	-1	2	1	-1	1	-3	-2	1	3	2	-3	3	3	3	23	53
Annona muricata	20	0	3	3	3	-3	-1	2	1	1	0	3	-2	1	3	2	-3	3	3	3	22	51
Syzygium jambos	8	0	3	3	3	nr	nr	-2	-1	1	1	nr	nr	1	3	-2	3	3	3	3	22	51
Artocarpus communis	8	0	3	3	3	-3	nr	2	-1	-1	0	3	-2	-1	3	0	3	3	3	3	21	49
Theobroma cacao	4	2	3	3	3	3	1	-2	-1	-1	1	3	nr	-1	3	2	-3	-3	3	3	19	44
Psidium guajava	14	2	3	3	3	-3	nr	2	-1	1	1	-3	-2	1	3	2	3	3	-3	3	18	42
Musa spp.	71	2	3	3	3	-3	-1	2	0	-1	1	3	2	1	-3	2	-3	0	3	3	17	40
Spondias dulcis	8	2	3	3	3	nr	nr	2	0	1	-1	nr	nr	-1	nr	2	-3	nr	3	3	17	40
Melicoccus bijugatus	1	-2	3	3	3	nr	nr	-2	-1	1	1	nr	nr	-1	3	2	3	3	3	-3	16	37
Citrus aurantifolia	25	0	-3	3	3	-3	1	2	-1	1	1	-3	-2	1	3	0	3	3	3	3	15	35
Citrus limetta	32	0	-3	3	3	-3	1	2	-1	1	1	-3	-2	1	3	0	3	3	3	3	15	35
Persea americana	22	0	3	3	3	-3	1	-2	0	0	1	3	nr	-1	3	2	-3	-3	3	3	13	30
Citrus reticulata	29	0	-3	3	3	-3	1	-2	-1	1	1	-3	-2	1	3	0	3	3	3	3	11	26
Annona reticulata	5	0	-3	3	3	-3	-1	2	0	0	0	-3	nr	1	3	2	-3	3	3	3	10	23
Citrus aurantium	9	-2	-3	3	3	-3	1	2	0	1	1	-3	-2	1	3	0	-3	3	3	3	8	19
Pouteria sapota	1	-2	3	3	3	nr	-1	-2	-1	-1	0	nr	nr	1	nr	2	-3	nr	3	3	8	19
Syzygium malaccensis	19	-2	3	3	3	nr	nr	-2	-1	-1	-1	3	nr	-1	-3	0	3	-3	3	3	7	16
Prunus persica	3	-2	3	3	3	nr	nr	2	0	1	-1	nr	nr	1	nr	-2	nr	nr	-3	-3	2	5
Citrus sinensis	55	0	-3	3	3	-3	1	-2	-1	1	1	-3	-2	1	3	0	-3	-3	3	3	-1	-2
Eriobotrya japonica	5	2	3	-3	-3	nr	nr	-2	-1	0	1	nr	nr	-1	-3	-2	3	3	3	-3	-3	-7
Mangifera indica	4	0	-3	3	3	0	1	-2	-1	0	1	nr	-2	1	-3	-2	-3	3	3	-3	-4	-9
Bactris gasipaes	25	-2	-3	3	-3	-3	1	2	1	-1	1	nr	nr	-1	-3	-2	3	-3	3	3	-4	-9
Citrus grandis	1	-2	-3	-3	3	-3	1	-2	-1	0	1	-3	-2	1	-3	-2	-3	nr	3	3	-15	-35
Citrus paradisii	8	-2	-3	-3	3	-3	1	-2	-1	0	1	-3	-2	1	-3	-2	-3	-3	3	3	-18	-42

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Fácil establecimiento, (4) Tolera podas, (5) Raiz profunda, (6) Raiz fuerte, (7) Copa rala, (8) Copa angosta, (9) Hojas pequeñas, (10) Follaje permanente, (11) Incorpora materia organica, (12) Material de fácil descomposición (13) Ramas y tallos no quebradizos, (14) Compatible con el café, (15) Nativo, (16) No susceptible a plagas y enfermedades, (17) No favorece el desarrollo de enfermedades, (18) No se convierte en maleza agresiva, (19) Se adapta a la zona. Nr = no se reporta en la

Anexo 10 B1. Descripción de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. (1): Cumple con el atributo, (0): Cumple con el atributo parcialmente, (-1): No cumple con el atributo

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
Calophyllum brasiliense	2	1	1	1	nr	nr	-1	-1	1	-1	1	1	1	nr	0	1	1	1	1	1	1	1
Carapa guianensis	2	1	1	1	-1	1	1	1	-1	0	nr	1	1	nr	0	1	1	1	-1	1	1	1
Cecropia obtusifolia	2	1	1	1	1	1	1	0	-1	1	-1	nr	nr	1	1	-1	1	1	nr	nr	nr	1
Cedrela odorata	21	1	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conostegia sp.	4	nr	nr	nr	nr	nr	1	0	1	1	-1	nr	nr	nr	nr	1	nr	1	nr	nr	nr	1
Cordia alliodora	58	1	1	1	-1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Ficus sp	1	1	-1	nr	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	nr	1	nr	1	nr	nr	nr	1
Juglans sp.	2	-1	nr	nr	nr	nr	1	-1	1	-1	1	1	1	nr	1	-1	nr	-1	-1	nr	1	1
Nectandra sp.	5	nr	nr	nr	nr	nr	1	-1	0	-1	1	1	1	1	1	-1	1	1	nr	nr	nr	1
Ocotea sp.	4	1	1	1	nr	nr	1	1	0	nr	1	1	1	1	1	nr	nr	1	1	1	nr	1
Pinus sp.	6	-1	-1	1	-1	nr	-1	1	1	nr	nr	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
Podocarpus guatemalensis	2	-1	-1	1	-1	nr	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	nr	1
Pourouma bicolor	1	nr	1	nr	nr	nr	-1	-1	-1	nr	1	1	1	nr	nr	nr	-1	1	nr	nr	nr	1
Sacoglottis trichogyna	2	nr	nr	1	nr	nr	-1	-1	1	nr	nr	1	1	nr	nr	nr	-1	1	1	nr	nr	1
Simarouba amara	2	1	1	1	nr	nr	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	nr	1
Sphatodea campanulata	4	1	1	1	-1	nr	-1	-1	1	-1	-1	-1	0	nr	-1	1	nr	0	nr	nr	nr	1
Tabebuia rosea	1	1	-1	1	nr	nr	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	nr	nr	1	-1	nr	nr	1
Talauma gloriensis	1	nr	nr	nr	nr	nr	-1	0	-1	1	1	1	1	nr	nr	nr	nr	1	nr	nr	nr	1
Virola koschnyii	1	1	1	1	nr	nr	-1	0	0	-1	1	1	1	1	1	nr	nr	1	1	1	1	1
Vochysia ferruginea	4	1	1	1	nr	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	0	nr	nr	1	1	0	1	1
Zanthoxylum ekmanni	1	1	1	-1	nr	nr	1	-1	1	-1	1	1	0	nr	-1	nr	nr	1	1	nr	1	1

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Fácil establecimiento, (4) Raiz profunda, (5) Raiz fuerte, (6) Copa rala, (7) Copa angosta, (8) Hojas pequeñas, (9) Follaje permanente, (10) Incorpora materia orgánica, (11) Fuste recto, (12) Fuste alto, (13) Autopoda, (14) Madera de calidad, (15) Ramas y tallos no quebradizos, (16) Compatible con el café, (17) Nativo, (18) No susceptible a plagas y enfermedades, (19) No favorece el desarrollo de enfermedades, (20) No se convierte en maleza agresiva, (21) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 10 B2. Priorización de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. Calificación realizada con base en 100. (1): Prioridad baja, (2): Prioridad media y (3): Prioridad alta

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	Total	Calificación
Ideotipo		**2**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**3**	**3**	**2**	**1**	**3**	**1**	**3**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**47**	**100**
Cedrela odorata	21	2	3	3	3	1	-2	-1	1	-1	3	3	2	1	3	1	3	2	3	3	3	3	39	83
Simarouba amara	2	2	3	3	nr	nr	2	1	1	-1	3	3	2	-1	3	1	3	2	3	3	nr	3	36	77
Cordia alliodora	58	2	3	3	-3	1	2	1	0	-1	3	3	2	1	3	1	3	2	3	0	3	3	35	74
Ocotea sp.	4	2	3	3	nr	nr	2	1	0	nr	3	3	2	1	3	nr	nr	2	3	3	nr	3	34	72
Calophyllum brasiliense	2	2	3	3	nr	nr	-2	-1	1	-1	3	3	2	nr	0	1	3	2	3	3	3	3	31	66
Virola koschnyii	1	2	3	3	nr	nr	-2	0	0	-1	3	3	2	1	3	nr	nr	2	3	3	3	3	31	66
Carapa guianensis	2	2	3	3	-3	1	2	1	-1	0	nr	3	2	nr	0	1	3	2	-3	3	3	3	25	53
Cecropia obtusifolia	2	2	3	3	3	1	2	0	-1	1	-3	nr	nr	1	3	-1	3	2	nr	Nr	nr	3	22	47
Vochysia ferruginea	4	2	3	3	nr	-1	-2	-1	1	1	3	-3	2	1	0	nr	nr	2	3	0	3	3	20	43
Podocarpus guatemalensis	2	-2	-3	3	-3	nr	2	1	1	1	-3	3	2	1	3	-1	3	2	3	3	nr	3	19	40
Nectandra sp.	5	nr	nr	nr	nr	nr	2	-1	0	-1	3	3	2	1	3	-1	3	2	nr	Nr	nr	3	19	40
Zanthoxylum ekmanni	1	2	3	-3	nr	nr	2	-1	1	-1	3	3	0	nr	-3	nr	nr	2	3	Nr	3	3	17	36
Sacoglottis trichogyna	2	nr	Nr	3	nr	nr	-2	-1	1	nr	nr	3	2	nr	nr	nr	-3	2	3	Nr	nr	3	11	23
Tabebuia rosea	1	2	-3	3	nr	nr	-2	1	-1	-1	3	3	2	-1	3	nr	nr	2	-3	Nr	nr	3	11	23
Talauma glorlensis	1	nr	Nr	nr	nr	nr	-2	0	-1	1	3	3	2	nr	nr	nr	nr	2	nr	Nr	nr	3	11	23
Juglans sp.	2	-2	Nr	nr	nr	nr	2	-1	1	-1	3	3	2	nr	3	-1	nr	-2	-3	Nr	3	3	10	21
Pourouma bicolor	1	nr	3	nr	nr	nr	-2	-1	-1	nr	3	3	2	nr	nr	nr	-3	2	nr	Nr	nr	3	9	19
Conostegia sp.	4	nr	Nr	nr	nr	nr	2	0	1	1	-3	nr	nr	nr	nr	1	nr	2	nr	Nr	nr	3	7	15
Sphatodea campanulata	4	2	3	3	-3	nr	-2	-1	1	-1	-3	-3	0	nr	-3	1	nr	0	nr	Nr	nr	3	-3	-6
Ficus sp	1	2	-3	nr	-3	-1	-2	-1	-1	-1	3	-3	-2	-1	nr	1	nr	2	nr	Nr	nr	3	-7	-15
Pinus sp.	6	-2	-3	3	-3	nr	-2	1	1	nr	nr	3	2	1	3	-1	-3	-2	-3	-3	3	-3	-8	-17

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Fácil establecimiento, (4) Raiz profunda, (5) Raiz fuerte, (6) Copa rala, (7) Copa angosta, (8) Hojas pequeñas, (9) Follaje permanente, (10) Incorpora materia orgánica, (11) Fuste recto, (12) Fuste alto, (13) Autopoda, (14) Madera de calidad, (15) Ramas y tallos no quebradizos, (16) Compatible con el café, (17) Nativo, (18) No susceptible a plagas y enfermedades, (19) No favorece el desarrollo de enfermedades, (20) No se convierte en maleza agresiva, (21) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 10 C1. Descripción de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. (1): Cumple con el atributo, (0): Cumple con el atributo parcialmente, (-1): No cumple con el atributo

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
Cassia spectabilis	3	1	1	1	1	1	-1	nr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Datura sp.	5	1	1	1	1	1	nr	nr	1	1	0	1	1	nr	-1	nr	1	nr	nr	nr	Nr	1
Erythrina poeppigiana	79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gliricidia sepium	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Heliocarpus sp.	3	1	1	1	1	1	nr	nr	-1	1	0	nr	nr	nr	-1	nr	1	nr	nr	nr	-1	1
Inga sp	23	1	1	1	1	1	nr	nr	1	1	0	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Fácil establecimiento, (4) Tolera podas, (5) Rebrota fácilmente, (6) Raiz profunda, (7) Raiz fuerte, (8) Copa rala, (9) Copa extendida, (10) Hojas pequeñas, (11) Follaje permanente, (12) Incorpora materia orgánica, (13) Material de fácil descomposición, (14) Fija nitrógeno, (15) Compatible con el café, (16) Nativo, (17) Alta producción de biomasa, (18) No susceptible a plagas y enfermedades, (19) No favorece el desarrollo de enfermedades, (20) No se convierte en maleza agresiva, (21) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 10 C2. Priorización de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según la literatura. Calificación realizada con base en 100. (1): Prioridad baja, (2): Prioridad media y (3): Prioridad alta

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	Total	Calificación
Ideotipo		**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**3**	**2**	**3**	**3**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**51**	**100**
Gliricidia sepium	17	2	3	3	3	3	3	1	2	1	1	0	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	50	98
Erythrina poeppigiana	79	2	3	3	3	3	3	1	2	1	0	-1	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	48	94
Cassia spectabilis	3	2	3	3	3	3	-3	nr	2	1	1	1	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	44	86
Inga sp	23	2	3	3	3	3	nr	nr	2	1	0	1	3	-2	3	3	2	3	3	3	3	3	42	82
Datura sp.	5	2	3	3	3	3	nr	nr	2	1	0	1	3	nr	-3	nr	2	nr	nr	nr	Nr	3	23	45
Heliocarpus sp.	3	2	3	3	3	3	nr	nr	-2	1	0	nr	nr	nr	-3	nr	2	nr	nr	nr	-3	3	12	24

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Fácil establecimiento, (4) Tolera podas, (5) Rebrota fácilmente, (6) Raiz profunda, (7) Raiz fuerte, (8) Copa rala, (9) Copa extendida, (10) Hojas pequeñas, (11) Follaje permanente, (12) Incorpora materia orgánica, (13) Material de fácil descomposición, (14) Fija nitrógeno, (15) Compatible con el café, (16) Nativo, (17) Alta producción de biomasa, (18) No susceptible a plagas y enfermedades, (19) No favorece el desarrollo de enfermedades, (20) No se convierte en maleza agresiva, (21) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 11 A1. Descripción de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. (1): Cumple con el atributo, (0): Cumple con el atributo parcialmente, (-1): No cumple con el atributo

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
Anacardium occidentale	3	1	1	1	1	1	1	1	0	-1	1	-1	nr	1	1	-1
Annona muricata	20	0	1	1	-1	-1	1	1	1	0	1	-1	1	1	1	1
Annona reticulata	5	0	-1	1	-1	-1	1	0	0	0	-1	nr	1	1	1	1
Artocarpus communis	8	0	1	1	-1	nr	1	1	-1	0	1	-1	-1	1	0	1
Averrhoa carambola	2	0	1	1	nr	nr	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1
Bactris gasipaes	25	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	nr	-1	-1	-1	-1	1
Byrsonima crassifolia	7	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Carica papaya	6	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Citrus aurantifolia	25	0	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0	1
Citrus aurantium	9	-1	-1	1	-1	1	1	0	1	-1	-1	-1	1	1	0	1
Citrus grandis	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	1
Citrus limetta	32	0	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0	1
Citrus paradisii	8	-1	-1	1	-1	1	-1	1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	1
Citrus reticulata	29	0	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0	1
Citrus sinensis	55	0	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	0	1
Eriobotrya japonica	5	1	1	-1	nr	nr	-1	1	0	-1	nr	nr	-1	-1	-1	-1
Inga sp.	23	1	1	1	nr	nr	1	1	0	-1	1	-1	1	1	1	1
Mangifera indica	4	0	-1	1	0	1	-1	1	0	-1	nr	-1	1	-1	-1	-1
Melicoccus bijugatus	1	-1	1	1	nr	nr	-1	1	1	-1	nr	nr	-1	1	1	-1
Musa spp.	71	1	1	1	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	1	-1	1	1
Persea americana	22	0	1	1	-1	1	-1	0	0	-1	1	nr	-1	1	1	1
Pouteria sapota	1	-1	1	1	nr	-1	-1	1	-1	0	nr	nr	1	nr	1	1
Prunus persica	3	-1	1	1	nr	nr	1	0	1	1	nr	nr	1	nr	-1	-1
Psidium friedrichsthalianum	26	0	1	1	nr	nr	1	0	1	0	1	-1	1	1	1	1
Psidium guajava	14	1	1	1	-1	nr	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Spondias dulcis	8	1	1	1	nr	nr	1	0	1	1	nr	nr	-1	nr	1	1
Spondias purpurea	1	1	1	1	nr	nr	1	1	1	1	1	nr	-1	1	1	1
Syzygium jambos	8	0	1	1	nr	nr	-1	1	1	-1	nr	nr	1	1	-1	1
Syzygium malaccensis	19	-1	1	1	nr	nr	-1	1	-1	1	1	nr	-1	-1	0	1
Theobroma cacao	4	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	nr	-1	1	1	1

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Tolera podas, (4) Raíz profunda, (5) Raíz fuerte, (6) Copa rala, (7) Copa extendida, (8) Hojas pequeñas, (9) Follaje no permanente, (10) Incorpora materia orgánica, (11) Material de fácil descomposición (12) Ramas y tallos no quebradizos, (13) Compatible con el café, (14) Nativo, (15) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 11 A2. Priorización de los árboles frutales encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. Calificación realizada con base en 100. (1): Prioridad baja, (2): Prioridad media y (3): Prioridad alta

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	Total	Calificación de atributos
Ideotipo		**2**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**3**	**2**	**1**	**3**	**2**	**3**	**31**	**100**
Spondias purpurea	1	2	3	3	nr	nr	2	1	1	1	3	nr	-1	3	2	3	23	74
Inga sp.	23	2	3	3	nr	nr	2	1	0	-1	3	-2	1	3	2	3	20	65
Theobroma cacao	4	2	3	3	3	1	-2	1	-1	-1	3	nr	-1	3	2	3	19	61
Psidium friedrichsthalianum	26	0	3	3	nr	nr	2	0	1	0	3	-2	1	3	2	3	19	61
Anacardium occidentale	3	2	3	3	3	1	2	1	0	-1	3	-2	nr	3	2	-3	17	55
Byrsonima crassifolia	7	2	3	3	3	-1	2	1	1	-1	-3	-2	1	3	2	3	17	55
Spondias dulcis	8	2	3	3	nr	nr	2	0	1	1	nr	nr	-1	nr	2	3	16	52
Annona muricata	20	0	3	3	-3	-1	2	1	1	0	3	-2	1	3	2	3	16	52
Carica papaya	6	2	3	3	3	-1	2	-1	-1	-1	-3	-2	1	3	2	3	13	42
Psidium guajava	14	2	3	3	-3	nr	2	1	1	-1	-3	-2	1	3	2	3	12	39
Musa spp.	71	2	3	3	-3	-1	2	0	-1	-1	3	2	1	-3	2	3	12	39
Artocarpus communis	8	0	3	3	-3	nr	2	1	-1	0	3	-2	-1	3	0	3	11	35
Averrhoa carambola	2	0	3	3	nr	nr	-2	1	1	-1	3	-2	1	3	-2	3	11	35
Persea americana	22	0	3	3	-3	1	-2	0	0	-1	3	nr	-1	3	2	3	11	35
Syzygium jambos	8	0	3	3	nr	nr	-2	1	1	-1	nr	nr	1	3	-2	3	10	32
Pouteria sapota	1	-2	3	3	nr	-1	-2	1	-1	0	nr	nr	1	nr	2	3	7	23
Syzygium malaccensis	19	-2	3	3	nr	nr	-2	1	-1	1	3	nr	-1	-3	0	3	5	16
Prunus persica	3	-2	3	3	nr	nr	2	0	1	1	nr	nr	1	nr	-2	-3	4	13
Annona reticulata	5	0	-3	3	-3	-1	2	0	0	0	-3	nr	1	3	2	3	4	13
Melicoccus bijugatus	1	-2	3	3	nr	nr	-2	1	1	-1	nr	nr	-1	3	2	-3	4	13
Citrus aurantifolia	25	0	-3	3	-3	1	2	1	1	-1	-3	-2	1	3	0	3	3	10
Citrus limetta	32	0	-3	3	-3	1	2	1	1	-1	-3	-2	1	3	0	3	3	10
Citrus aurantium	9	-2	-3	3	-3	1	2	0	1	-1	-3	-2	1	3	0	3	0	0
Citrus reticulata	29	0	-3	3	-3	1	-2	1	1	-1	-3	-2	1	3	0	3	-1	-3
Citrus sinensis	55	0	-3	3	-3	1	-2	1	1	-1	-3	-2	1	3	0	3	-1	-3
Eriobotrya japonica	5	2	3	-3	nr	nr	-2	1	0	-1	nr	nr	-1	-3	-2	-3	-9	-29
Mangifera indica	4	-1	-3	3	0	1	-2	1	0	-1	nr	-2	1	-3	-2	-3	-11	-35
Citrus grandis	1	-2	-3	3	-3	1	-2	1	0	-1	-3	-2	1	-3	-2	3	-12	-39
Citrus paradisii	8	-2	-3	3	-3	1	-2	1	0	-1	-3	-2	1	-3	-2	3	-12	-39
Bactris gasipaes	25	-2	-3	-3	-3	1	2	-1	-1	-1	nr	-2	-1	-3	-2	3	-16	-52

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Tolera podas, (4) Raiz profunda, (5) Raiz fuerte, (6) Copa rala, (7) Copa extendida, (8) Hojas pequeñas, (9) Follaje no permanente, (10) Incorpora materia orgánica, (11) Material de fácil descomposición (12) Ramas y tallos no quebradizos, (13) Compatible con el café, (14) Nativo, (15) Se adapta a la zona. Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 11 B1. Descripción de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. (1): Cumple con el atributo, (0): Cumple con el atributo parcialmente, (-1): No cumple con el atributo

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Calophyllum brasiliense	2	1	1	nr	nr	-1	-1	1	1	1	1	1	nr	1	1	1	1
Carapa guianensis	2	1	1	-1	1	1	1	-1	0	nr	1	1	nr	1	1	1	1
Cecropia obtusifolia	2	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	nr	nr	1	-1	1	1	1
Cedrela odorata	21	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conostegia sp.	4	nr	nr	nr	nr	1	0	1	-1	-1	nr	nr	nr	1	1	1	1
Cordia alliodora	58	1	1	-1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ficus sp	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1
Juglans sp.	2	-1	nr	nr	nr	1	-1	1	1	1	1	1	nr	-1	1	-1	1
Nectandra sp.	5	nr	nr	nr	nr	1	-1	0	1	1	1	1	1	-1	1	1	1
Ocotea sp.	4	1	1	nr	nr	1	1	0	nr	1	1	1	1	nr	1	1	1
Pinus sp.	6	-1	-1	-1	nr	-1	1	1	nr	nr	1	1	1	-1	-1	-1	-1
Podocarpus guatemalensis	2	-1	-1	-1	nr	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	1
Pourouma bicolor	1	nr	1	nr	nr	-1	-1	-1	nr	1	1	1	nr	nr	-1	1	1
Sacoglottis trichogyna	2	nr	nr	nr	nr	-1	-1	1	nr	nr	1	1	nr	nr	-1	1	1
Simarouba amara	2	1	1	nr	nr	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	1
Spathodea campanulata	4	1	1	-1	nr	-1	-1	1	1	-1	-1	0	nr	1	1	0	1
Tabebuia rosea	1	1	-1	nr	nr	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	nr	1	1	1
Talauma gloriensis	1	nr	nr	nr	nr	-1	0	-1	-1	1	1	1	nr	nr	-1	1	1
Virola koschnyii	1	1	1	nr	nr	-1	0	0	1	1	1	1	1	nr	1	1	1
Vochysia ferruginea	4	1	1	nr	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	nr	1	1	1
Zanthoxylum ekmanni	1	1	1	nr	nr	1	-1	1	1	1	1	0	nr	nr	-1	1	1

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Raíz profunda, (4) Raíz fuerte, (5) Copa rala, (6) Copa angosta, (7) Hojas pequeñas, (8) Follaje no permanente, (9) Incorpora materia orgánica, (10) Fuste recto, (11) Fuste alto, (12) Autopoda, (13) Ramas y tallos no quebradizos, (14) Compatible con el café, (15) Nativo, (16) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 11 B2. Priorización de los árboles maderables encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. Calificación realizada con base en 100. (1): Prioridad baja, (2): Prioridad media y (3): Prioridad alta

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	Total	Calificación
Ideotipo		**2**	**3**	**3**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**3**	**3**	**2**	**1**	**1**	**3**	**2**	**3**	**32**	**100**
Cedrela odorata	21	2	3	3	1	-2	-1	1	1	3	3	2	1	1	3	2	3	26	81
Simarouba amara	2	2	3	nr	nr	2	1	1	1	3	3	2	-1	1	3	2	3	26	81
Cordia alliodora	58	2	3	-3	1	2	1	0	1	3	3	2	1	1	3	2	3	25	78
Ocotea sp.	4	2	3	nr	nr	2	1	0	nr	3	3	2	1	nr	3	2	3	25	78
Calophyllum brasiliense	2	2	3	nr	nr	-2	-1	1	1	3	3	2	nr	1	3	2	3	21	66
Virola koschnyii	1	2	3	nr	nr	-2	0	0	1	3	3	2	1	nr	3	2	3	21	66
Carapa guianensis	2	2	3	-3	1	2	1	-1	0	nr	3	2	nr	1	3	2	3	19	59
Nectandra sp.	5	nr	nr	nr	nr	2	-1	0	1	3	3	2	1	-1	3	2	3	18	56
Zanthoxylum ekmanni	1	2	3	nr	nr	2	-1	1	1	3	3	0	nr	nr	-3	2	3	16	50
Cecropia obtusifolia	2	2	3	3	1	2	0	-1	-1	-3	nr	nr	1	-1	3	2	3	14	44
Tabebuia rosea	1	2	-3	nr	nr	-2	1	-1	1	3	3	2	-1	nr	3	2	3	13	41
Juglans sp.	2	-2	nr	nr	nr	2	-1	1	1	3	3	2	nr	-1	3	-2	3	12	38
Vochysia ferruginea	4	2	3	nr	-1	-2	-1	1	-1	3	-3	2	1	nr	3	2	3	12	38
Pourouma bicolor	1	nr	3	nr	nr	-2	-1	-1	nr	3	3	2	nr	nr	-3	2	3	9	28
Conostegia sp.	4	nr	nr	nr	nr	2	0	1	-1	-3	nr	nr	nr	1	3	2	3	8	25
Talauma gloriensis	1	nr	nr	nr	nr	-2	0	-1	-1	3	3	2	nr	nr	-3	2	3	6	19
Podocarpus guatemalensis	2	-2	-3	-3	nr	2	1	1	-1	-3	3	2	1	-1	3	2	3	5	16
Sacoglottis trichogyna	2	nr	nr	nr	nr	-2	-1	1	nr	nr	3	2	nr	nr	-3	2	3	5	16
Spathodea campanulata	4	2	3	-3	nr	-2	-1	1	1	-3	-3	0	nr	1	3	0	3	2	6
Ficus sp	1	2	-3	-3	-1	-2	-1	-1	1	3	-3	-2	-1	1	-3	2	3	-8	-25
Pinus sp.	6	-2	-3	-3	nr	-2	1	1	nr	nr	3	2	1	-1	-3	-2	-3	-11	-34

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Raíz profunda, (4) Raíz fuerte, (5) Copa rala, (6) Copa angosta, (7) Hojas pequeñas, (8) Follaje no permanente, (9) Incorpora materia orgánica, (10) Fuste recto, (11) Fuste alto, (12) Autopoda, (13) Ramas y tallos no quebradizos, (14) Compatible con el café, (15) Nativo, (16) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 11 C1. Descripción de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. (1): Cumple con el atributo, (0): Cumple con el atributo parcialmente, (-1): No cumple con el atributo

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
Cassia spectabilis	3	1	1	1	1	-1	nr	1	1	-1	-1	1	nr	'1	1	1	1
Datura sp.	5	1	1	1	1	nr	nr	1	1	0	-1	-1	nr	nr	1	nr	1
Erythrina poeppigiana	79	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Gliricidia sepium	17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Heliocarpus sp.	3	1	1	1	1	nr	nr	-1	1	0	nr	-1	1	nr	1	nr	1
Inga sp	23	1	1	1	1	nr	nr	1	1	0	-1	1	1	1	1	1	1

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Tolera podas, (4) Rebrota fácilmente, (5) Raíz profunda, (6) Raíz fuerte, (7) Copa rala, (8) Copa extendida, (9) Hojas grandes, (10) Follaje no permanente, (11) Incorpora materia orgánica, (12) Material de fácil descomposición, (13) Fija nitrógeno, (14)) Compatible con el café, (15) Nativo, (16) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura

Anexo 11 C2. Priorización de los árboles de servicio encontrados en los cafetales al aplicar la lista de criterios claves según los productores. Calificación realizada con base en 100. (1): Prioridad baja, (2): Prioridad media y (3): Prioridad alta

Nombre científico	n	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(15)	(17)	(18)	Total	Calificación
Ideotipo		**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**3**	**2**	**3**	**3**	**2**	**3**	**36**	**100**
Erythrina poeppigiana	79	2	3	3	3	3	1	2	1	0	1	3	2	3	3	2	3	35	97
Gliricidia sepium	17	2	3	3	3	3	1	2	1	1	0	3	2	3	3	0	3	33	92
Inga sp	23	2	3	3	3	nr	nr	2	1	0	-1	3	2	3	3	2	3	29	81
Cassia spectabilis	3	2	3	3	3	-3	nr	2	1	-1	-1	3	nr	3	3	2	3	25	64
Datura sp.	5	2	3	3	3	nr	nr	2	1	0	-1	-3	nr	nr	3	nr	3	16	44
Heliocarpus sp.	3	2	3	3	3	nr	nr	-2	1	0	nr	-3	2	nr	3	nr	3	15	42

(1) Rápido crecimiento, (2) Fácil manejo, (3) Tolera podas, (4) Rebrota fácilmente, (5) Raiz profunda, (6) Raiz fuerte, (7) Copa rala, (8) Copa extendida, (9) Hojas grandes, (10) Follaje no permanente, (11) Incorpora materia orgánica, (12) Material de fácil descomposición, (13) Fija nitrógeno, (14)) Compatible con el café, (15) Nativo, (16) Se adapta a la zona, Nr = no se reporta en la literatura