

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y
ENSEÑANZA

(CATIE)

PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACION

ESCUELA DE POSTGRADO

DIVERSIDAD DEL DOSEL DE SOMBRA EN CAFETALES DE
TURRIALBA, COSTA RICA

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Postgrado del Programa de Enseñanza para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

Magister Scientiae

por

✓
Tangaxuhan Llanderal Ocampo

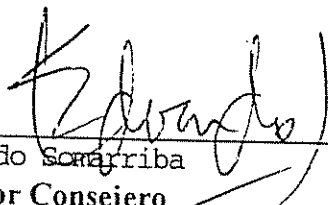
Turrialba, Costa Rica

1998

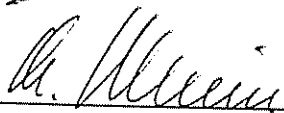
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Dirección de la Escuela de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

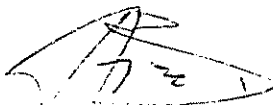
FIRMANTES:



Eduardo Somarriba
Profesor Consejero



Christoph Kleinn
Miembro Comité Asesor



José Arze
Miembro Comité Asesor

Miembro Comité Asesor



Gilberto Pérez
Director y Decano de la Escuela de Postgrado



Tangaxuhán Llanderal Ocampo
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres Raúl y Lilia por todo el apoyo y confianza que me han brindado durante mi vida académica.

A mis tíos David y Celina porque con su ejemplo han influido fuertemente en mi formación.

A mis hermanos Iván y Yara Yunuen, porque sé que para ellos éste también es su triunfo.

A toda mi familia porque siempre han confiado en mí.

A todos mis amigos y compañeros en el CATIE.

... porque todos ustedes son parte de este nuevo logro

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México, por haber financiado mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, de México, por su apoyo para estudiar esta maestría.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por darme esta oportunidad.

Al mi profesor consejero, el Dr. Eduardo Somarriba, por haber dirigido este trabajo y por las enseñanzas recibidas.

Al Dr. Christoph Kleinn y al M. Sc. José Arze, miembros del Comité Asesor, por sus comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.

Al Lic. Johnny Pérez por su valiosa ayuda en el procesamiento estadístico de los datos.

A los ingenieros Martín Mora y Luis Guillermo Ramírez (ICAFE), por su desinteresada ayuda durante el proceso de selección de las fincas.

Al Ing. Francisco Casasola, por su gran ayuda durante la fase de campo.

A todas aquellas instancias y personas que de una u otra manera colaboraron para la realización del trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. MATERIALES Y METODOS.....	5
2.1. Sitio de estudio.....	5
2.2. Componentes de sombra.....	5
2.3. Tipos de sombra.....	8
2.4. Selección y caracterización de las fincas.....	8
2.5. Análisis de la información.....	9
2.5.1. Descripción de las fincas.....	9
2.5.2. Análisis de las tipologías.....	9
2.5.2.1. Análisis de los tipos de sombra formados <i>a priori</i>	12
2.5.2.2. Análisis de la clasificación <i>a posteriori</i> usando todas las variables.....	13
2.5.2.3. Análisis de la clasificación <i>a posteriori</i> usando variables seleccionadas.....	14
3. RESULTADOS.....	15
3.1. Descripción de variables.....	15
3.1.1. El productor.....	15
3.1.2. Las fincas.....	15
3.1.3. El cafetal.....	16
3.1.4. Índices de diversidad.....	17
3.1.5. Costos de producción.....	17
3.1.6. Manejo.....	18
3.2. Relaciones entre variables.....	20
3.3. Análisis de las tipologías.....	22
3.3.1. Análisis de los tipos de sombra formados <i>a priori</i>	22
3.3.2. Análisis de la clasificación <i>a posteriori</i> usando todas las variables.....	24
3.3.3. Análisis de la clasificación <i>a posteriori</i> usando variables seleccionadas.....	27

4. DISCUSION.....	31
4.1. Diversidad en los cafetales.....	31
4.2. Indices de diversidad.....	32
4.3. Tipología de las fincas cafetaleras de Turrialba.....	34
4.4. Promoción de la diversidad.....	36
5. CONCLUSIONES.....	38
6. RECOMENDACIONES.....	39
7. LITERATURA CITADA.....	40
8. ANEXOS.....	45
Anexo 1a. Formato de recolección de la información.....	46
Anexo 1b. Descripción de las variables.....	49
Anexo 2. Descripción de las bases de datos.....	51
Anexo 3. Estadísticas descriptivas de las variables cuantitativas.....	54
Anexo 4. Abundancias de los componentes de sombra en 29 fincas de Turrialba.....	55
Anexo 5. Indices de diversidad para 29 fincas de Turrialba.....	56
Anexo 6. Estructura canónica total de las variables canónicas (CANi) en los tres procedimientos utilizados.....	57
Anexo 7. Valores propios de los componentes y proporción de la variabilidad explicada por cada uno.....	58
Anexo 8. Cargas de las variables en cada componente.....	59

Llenderal Ocampo, T. 1998. Diversidad del dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Palabras clave: análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, análisis discriminante, análisis discriminante canónico, análisis multivariado, índices de diversidad, tipología.

RESUMEN

Se investigaron las condiciones socioeconómicas y biofísicas que determinan la diversidad del dosel de sombra en 29 fincas cafetaleras de la región de Turrialba, Costa Rica. Se realizaron entrevistas con los productores y se establecieron parcelas temporales de 20 x 50 m en las cuales se midieron las variables necesarias para determinar la diversidad: el número de especies presentes (riqueza) y las abundancias relativas de cada una.

Las fincas fueron clasificadas *a priori* de acuerdo al tipo de sombra (poró, laurel, musáceas, macadamia, sombra mixta). Esta clasificación fue sometida a un análisis discriminante y análisis canónico discriminante para determinar si algunas de las variables biofísicas y socioeconómicas son responsables de la clasificación. Paralelamente, se realizaron dos clasificaciones de las fincas basadas en las distancias de Gower entre las variables de cada observación. Primero se realizó un análisis de conglomerados con 24 variables cuantitativas. Esta clasificación también se sometió al análisis discriminante y canónico discriminante. El otro procedimiento consistió en un análisis de componentes principales para seleccionar las variables que más contribuyen a sintetizar la variabilidad observada en los datos. Se seleccionaron los componentes con valores propios mayores a 1 y mediante el método de rotación varimax se extrajeron las 13 variables que mejor explicaron la formación de los componentes. Estas variables fueron utilizadas por el análisis de conglomerados para dar una nueva agrupación de las fincas que también fue analizada mediante análisis discriminante y canónico discriminante.

Las dos clasificaciones hechas por el análisis de conglomerados no concuerdan con la hecha *a priori*. Sin embargo, en las tres clasificaciones la riqueza y la abundancia de árboles fueron seleccionadas por el análisis discriminante como responsables de la agrupación. El tercer procedimiento fue el mejor ya que las variables canónicas fueron significativas, concluyéndose que la riqueza y abundancia de árboles, así como los costos, el ingreso y el rendimiento, son las variables que explican la variación entre los grupos. Se obtuvieron cuatro grupos de fincas: 1) con cafetales poco o nada diversificados manejados intensivamente, 2) con cafetales diversificados con manejo intensivo, 3) con cafetales muy diversificados, y 4) con cafetales manejados deficientemente. Además, se encontró que mientras menores sean las posibilidades económicas del finquero, mayor será la riqueza y abundancia de componentes del dosel de sombra, y menores serán el rendimiento y el ingreso por hectárea. Dentro de las variables biofísicas, el exceso de lluvia es el factor que

más limita la producción de café en Turrialba. Si el finquero considera que no hay estación seca, entonces tiene un manejo más intensivo (los costos son mayores).

Se concluye que el nivel socioeconómico del productor influye en la diversidad que se maneja dentro del cafetal. Mientras menores sean las posibilidades económicas, mayor será la diversidad del dosel de sombra. Se recomienda aplicar el procedimiento que incluye el análisis de componentes principales, análisis de conglomerados y análisis discriminante en el estudio a realizarse a nivel de Centroamérica. Esta metodología proporciona mayor información sobre las fincas que la clasificación a priori, ya que no está basada sólo en la diversidad, sino también en variables técnicamente importantes para el manejo del café.

SHADE DIVERSITY IN COFFEE FARMS AT TURRIALBA, COSTA RICA

SUMMARY

Socio-economic and biophysical factors determining shade diversity in 29 coffee farms at Turrialba, Costa Rica were investigated. Interviews with farmers were done and temporal plots (20 x 50 m) were established to measure the necessary variables to determine diversity: number of species (richness) and relative abundance of each.

Farms were *a priori* classified according to shade type (shade trees *Erythrina poeppigiana*, timber tree *Cordia alliodora*, bananas and/or plantains, macadamia, and mixed shade). This classification was submitted to discriminant and canonical discriminant analysis to determine if some biophysical and socio-economic variables are responsible of classification. Also, two additional farm classifications based on Gower distance between the variables in each observation were accomplished. Firstly, a cluster analysis with 24 quantitative variables was done. This classification was also submitted to discriminant and canonical discriminant analysis. The another procedure consisted of principal component analysis to select the main variables contributing to synthesise observed variability in data. Principal components with eigenvalues greater than 1 were chosen and the 13 variables best explaining components were extracted by means of the varimax rotation method. These variables were used by cluster analysis to create a new farm grouping, also analysed with discriminant and canonical discriminant analysis.

Both cluster analysis classifications do not agree with the *a priori* classification. However, tree richness and abundance were responsible of grouping in the three classifications. The third procedure was the best one, because of the significance of canonical variables, concluding that tree richness and abundance, as well as costs, yield and income, are the best variables in explaining variation between groups. Four clusters of coffee farms were obtained: 1) little or no diversified with intense management, 2) diversified with intense management, 3) very diversified, and 4) coffee farms poorly managed. Besides, it was found that the less economical possibilities of the farmer (small costs), the more richness and abundance of shade components. Also, yield and income per hectare are lesser. Among biophysical variables, rain excess was the most limiting factor for coffee production at Turrialba. If the farmer considers there is no dry season, then the management is more intensive (the costs are greater).

It is concluded that the socio-economic level of the farmer influences on diversity of coffee shade. The lesser the economical possibilities, the greater the shade diversity. It is recommended to apply the procedure including principal components, cluster, and discriminant analysis in the study to take place in Central America. This methodology gives more information about farms than *a priori* classification does, because it is not based only in diversity, but also in technically important variables in coffee management.

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Ejemplos de especies utilizadas como sombra en cafetales.....	6
Cuadro 2. Tipos de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica.....	8
Cuadro 3. Número de fincas que consideran algunos factores como problemas para el cultivo del café en Turrialba.....	16
Cuadro 4. Calendario de actividades de manejo en los cafetales de Turrialba.....	18
Cuadro 5. Características de la mano de obra por tipo de sombra en cafetales de Turrialba.....	20
Cuadro 6. Tamaño promedio de las fincas y de los cafetales por tipo de sombra.....	21
Cuadro 7. Costos promedio por hectárea por tipo de sombra.....	21
Cuadro 8. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado $D^2 (ij)^1$ entre pares de tipos de sombra.....	22
Cuadro 9. Análisis discriminante canónico para la variable tipo de sombra.....	22
Cuadro 10. Número de fincas de cada tipo de sombra que fueron clasificadas en los distintos conglomerados (segundo procedimiento).....	24
Cuadro 11. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado $D^2 (ij)^1$ entre pares de conglomerados (segundo procedimiento).....	25
Cuadro 12. Análisis discriminante canónico para los conglomerados (segundo procedimiento).....	25
Cuadro 13. Número de fincas de cada tipo de sombra que fueron clasificadas en los distintos conglomerados (tercer procedimiento).....	28
Cuadro 14. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado $D^2 (ij)^1$ entre pares de conglomerados (tercer procedimiento).....	28
Cuadro 15. Análisis discriminante canónico para los conglomerados (tercer procedimiento).....	29

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Modelo agroforestal del agroecosistema cafetalero.....	3
Figura 2. La diversidad explicada por una combinación de condiciones biofísicas y socioeconómicas.....	4
Figura 3. Diagrama que explica los tres tipos de procedimientos realizados.....	11
Figura 4. Gráfico de CAN1 * CAN2 para los tipos de sombra formados <i>a priori</i>	23
Figura 5. Gráfico de CAN1 * CAN2 para la clasificación con todas las variables.....	26
Figura 6. Gráfico de CAN1 * CAN2 para la clasificación con variables seleccionadas.....	30

1. INTRODUCCION

Existe una gran diversidad en la composición botánica y la estructura del dosel de sombra en los cafetales. Esta diversidad se puede observar no sólo entre cafetales de distintas regiones, sino incluso dentro de ellas mismas. Los sistemas cafetaleros han sido estudiados en numerosos países. Las caracterizaciones sugieren que las condiciones ambientales y socioeconómicas determinan la estructura y diversidad de los cafetales. La diversidad en los cafetales ha sido estudiada en México (Fuentes, 1979; Jiménez, 1979; Granados y Vera, 1995), en Guatemala (Leiva y López, 1985; Villatoro, 1986), en Costa Rica (Espinoza, 1983; Lagemann y Heuvelodop, 1983), en Puerto Rico (Weaver y Birdsey, 1986), en Venezuela (Escalante *et al.*, 1987; Benacchio, 1987; Escalante, 1997), en Ecuador (Mussak y Laarman, 1989), en India (Rao, 1975, 1978; Setty, 1979), en Uganda (Oduol y Aluma, 1990) y en Kenia (Nyoro y Roe, 1986; Njoroge y Kimenia, 1993).

La diversificación puede incrementar la producción total por unidad de área (Rao, 1975) y disminuir los riesgos involucrados en la dependencia de una sola actividad (Setty, 1979; Escalante, 1985; Somarriba y Beer, 1987; Somarriba, 1993). Es necesario comprender adecuadamente los factores que determinan la diversificación de los doseles de sombra en los cafetales. Esto es importante para planificar la investigación y capacitación requeridas y para orientar en la instrumentación de políticas apropiadas para los productores cafetaleros.

La Figura 1 muestra el modelo agroforestal del agroecosistema cafetalero visto desde la perspectiva de este estudio. Hay numerosos factores, que se pueden agrupar en biofísicos y socioeconómicos, que inciden sobre las decisiones que toma la gerencia (el

productor) para el diseño y el manejo del cafetal. Tales decisiones tienen que ver con el diseño (composición, abundancia y distribución de especies del dosel de sombra y población de cafetos) y el manejo (niveles de sombra, fertilidad, patógenos) del cafetal. Lo que la gerencia persigue con esto es la producción diversificada (café, madera, frutas, leña) y la sostenibilidad del sistema de producción.

Este estudio plantea la hipótesis de que la diversidad del componente arbóreo en los cafetales es determinada por factores biofísicos y socioeconómicos. Es de esperar una mayor diversidad en zonas ecológicamente marginales para café y con finqueros de baja condición socioeconómica. En cambio, en condiciones ecológicas óptimas para café y sin restricciones socioeconómicas, se supone que habrá menor diversidad (Figura 2). No obstante, no se conoce con precisión cuáles son estos factores, por lo que el objetivo de este estudio fue desarrollar una metodología para el estudio de los factores biofísicos y socioeconómicos que determinan el diseño y manejo del dosel de sombra en los cafetales de Turrialba. Esta metodología servirá para analizar los cafetales de Centroamérica.

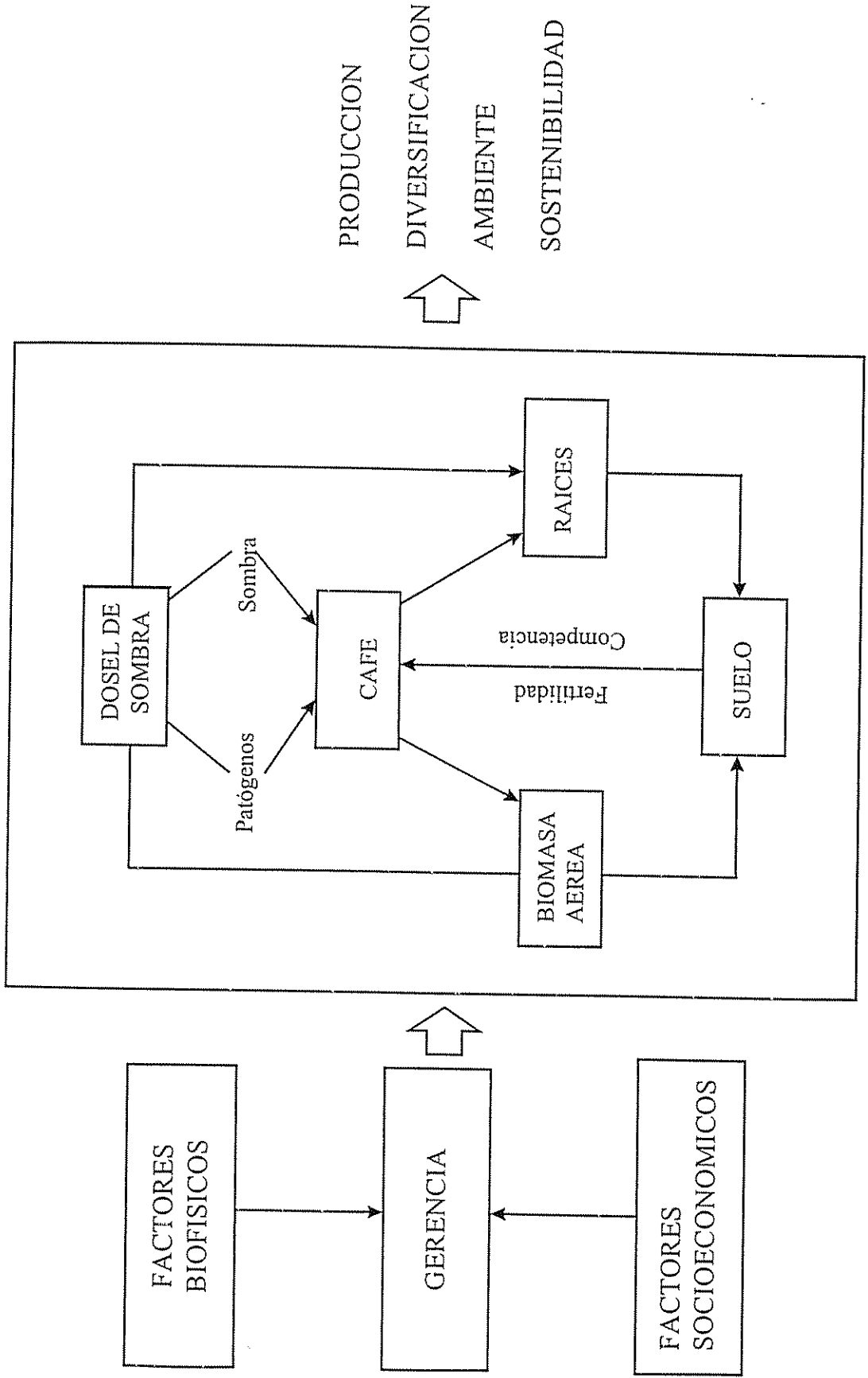


Figura 1. Modelo agroforestal del agroecosistema cafetalero.

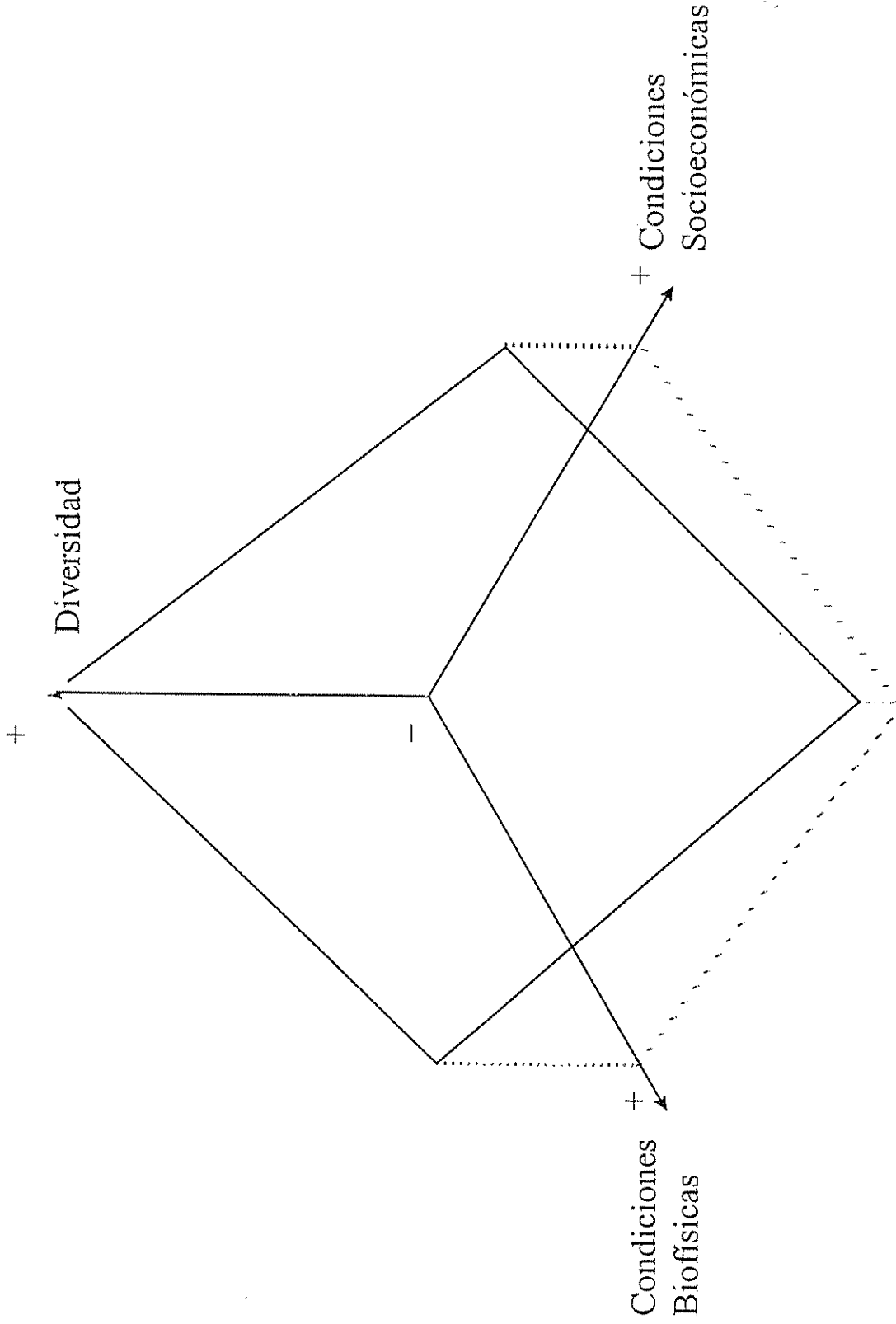


Figura 2. La diversidad explicada por una combinación de condiciones biofisicas y socioeconómicas.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Zona de estudio

El estudio de campo se llevó a cabo entre abril y septiembre de 1998 en 29 fincas de 16 comunidades de los Distritos Turrialba, La Suiza, Pavones, Tres Equis, Santa Cruz, Santa Teresita y Jesús María, pertenecientes todos ellos al Cantón de Turrialba, de la provincia de Cartago, Costa Rica. El Cantón de Turrialba tiene una superficie de 1645 km² y una precipitación media anual de 2500 mm (Chinchilla, 1987). El estudio se ubicó entre las coordenadas 9°51' y 9°59' de latitud norte y 83°35' y 83°43' de longitud oeste.

2.2. Componentes de sombra

Al considerar los componentes usados para proporcionar sombra al café, se tomó en cuenta la función que desempeñan y no tanto la especie a la que pertenecen (Cuadro 1). Esto se debe a que el finquero utiliza distintas especies de sombra para un mismo fin. Es decir, el criterio para hablar de diversidad en los cafetales, es la función que cumplen los árboles más que un criterio taxonómico. Así, se habla de diversidad productiva y no se hace distinción entre un laurel (*Cordia alliodora*) y un cedro (*Cedrela odorata*), o entre un poró (*Erythrina* spp.) y una guaba (*Inga* spp.), por ejemplo, porque el propósito que tienen dentro del cafetal es el mismo; en el primer caso proporcionar madera y en el segundo, simplemente dar sombra a los cafetos. Además, el trabajar a nivel botánico, daría numerosas especies que cambiarían de un país a otro, dificultando la comparación entre distintos países.

Cuadro 1. Ejemplos de especies utilizadas como sombra en cafetales.

Componente	Ejemplos	Nombres científicos
Arboles de sombra	poró	<i>Erythrina poeppigiana</i>
	guaba	<i>Inga spp.</i>
	matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Maderables	laurel	<i>Cordia alliodora</i>
	cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Cítricos	naranja	<i>Citrus sinensis</i>
	mandarina	<i>Citrus reticulata</i>
	limón	<i>Citrus aurantifolia</i>
Musáceas	plátano	<i>Musa sapientum</i>
	banano	<i>Musa paradisiaca</i>
Frutales de plantación	macadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>
	pejibaye	<i>Bactris gasipaes</i>
	cacao	<i>Theobroma cacao</i>
Otros frutales	mango	<i>Mangifera indica</i>
	papaya	<i>Carica papaya</i>
	cas	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>
Leña	guaba	<i>Inga spp.</i>
Otros componentes	palmas	Familia Arecaceae
	bambú	<i>Bambusa vulgaris</i>

A continuación se presenta una breve descripción de los componentes del dosel de sombra que se consideraron en este estudio:

Arboles de sombra. La gran mayoría de los cafetales usan este tipo de árboles como el principal componente del estrato arbóreo. Su finalidad principal es proporcionar una sombra de fácil regulación. Este tipo de componente generalmente no proporciona un beneficio adicional aparte de la sombra para el café, a diferencia de los siguientes tipos, los cuales ofrecen productos para consumo familiar o comercialización.

Maderables. En muchos cafetales se tienen árboles maderables debido principalmente a que se regeneran de manera natural. Lo cierto es que, ya sea que el finquero los haya plantado o no, hay un manejo deliberado de los árboles, ya que son seleccionados, raleados, podados y cosechados por el finquero de acuerdo a sus necesidades y las del cafetal.

Musáceas. En esta categoría se incluyen varias variedades de plátano (*Musa sapientum*) y banano (*M. paradisiaca*). En muchos casos son componentes temporales en el cafetal; por ejemplo, cuando se establecen nuevas plantaciones, cuando se poda o se recepa por lote o cuando se poda muy severamente el café.

Cítricos. Especies como naranja (*Citrus sinensis*), limón (*C. aurantifolia*) o mandarina (*C. reticulata*) predominan sobre los demás frutales y tienen mercados más o menos seguros, por lo que se consideran como categoría aparte de otros frutales.

Frutales de plantación. Árboles como macadamia (*Macadamia integrifolia*), pejobaye (*Bactris gasipaes*) y cacao (*Theobroma cacao*) llegan a ser utilizados también como sombra para café. Se consideran por separado debido a que son manejados como un cultivo más y no sólo como "sombra". Su presencia en los cafetales, además de dar sombra al café, es proporcionar un ingreso importante para la finca.

Otros frutales. En esta categoría entran los árboles frutales que generalmente no son tan abundantes dentro del cafetal, se encuentran de manera aislada y su destino es principalmente el consumo familiar, como cas (*Psidium friedrichsthalianum*), guayaba (*P. guajava*), mango (*Mangifera indica*), etc.

Leña. Existen también árboles cuyo principal propósito es dar sombra y leña para la finca, ya que en muchas partes, la leña sigue siendo la principal fuente energética.

Otros componentes. En el caso de haber algún componente que no se ajuste a las descripciones anteriores, se considera dentro de esta categoría.

2.3. Tipos de sombra

Las distintas combinaciones de “componentes de sombra” dan lugar a diferentes “tipos de sombra”. Mediante recorridos de campo, y con ayuda de técnicos del ICAFE (Instituto Costarricense del Café), los cafetales en los alrededores de Turrialba se clasificaron en cinco tipos distintos, conformando una tipología *a priori* de los cafetales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipos de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica

Tipo de cafetal	Ejemplos	No. de fincas
sólo componentes de sombra	poró	6
componentes de sombra y/o maderables	poró-laurel o sólo laurel	7
componentes de sombra y/o musáceas	poró-plátano y/o banano o sólo musácea	6
componentes de frutales de plantación	macadamia	4
sombra mixta	tres o más componentes diferentes	6

2.4. Selección y caracterización de las fincas.

Las fincas fueron seleccionadas mediante un recorrido previo por los alrededores de Turrialba. Se seleccionaron cuatro o más fincas por cada tipo de sombra (Cuadro 2). En cada finca se recolectó información socioeconómica y biofísica mediante entrevistas con los finqueros y medición de parcelas temporales (Anexo 1). En primer lugar, se realizó un

recorrido por la finca para conocer cómo estaba diseñada y qué actividades productivas tenía. En cada finca se estableció una parcela de 20 x 50 m por cada tipo de sombra. Debido a la disposición no aleatoria de algunos árboles en la finca (abundancia de frutales cerca de la casa, maderables en linderos y caminos, cortinas rompevientos en sitios expuestos al viento, árboles de protección en ladera, etc.), la parcela se estableció lejos de estos lugares con el fin de evitar sobreestimaciones de la abundancia de esos componentes.

2.5. Análisis de la información

2.5.1. Descripción de las fincas

Se diseñaron bases de datos para almacenar las variables medidas, así como variables nuevas que fueron generadas a partir de ellas (Anexo 2). Se calcularon los índices de diversidad de Shannon, Simpson y Margalef, el índice de dominancia de Simpson y el índice de Uniformidad para todas las fincas. Asimismo, se calcularon las estadísticas descriptivas para todas las variables. Mediante análisis de varianza y tablas de contingencia, se analizó la relación entre los tipos de sombra y las variables para identificar diferencias entre los tipos de sombra.

2.5.2. Análisis de las tipologías

Se utilizaron tres combinaciones distintas de técnicas multivariadas (Figura 3), incluyendo análisis de componentes principales (Morrison, 1976; Pielou, 1977, 1984; Pla, 1986; Ludwig y Reynolds, 1988; Rijckevorsel y Leeuw, 1988), análisis de conglomerados (Morrison, 1976; Matteuci y Colma, 1982; Pielou, 1984; Ludwig y Reynolds, 1988; Kaufman y Rousseeuw, 1990) y análisis discriminante (Ludwig y Reynolds, 1988). Técnicas semejantes ya han sido utilizadas para la tipificación de fincas (Escobar y

Berdegú, 1990; Méndez y Benoit-Cattin, 1994). Los tres procedimientos fueron: análisis de los tipos de sombra formados *a priori*, análisis de la clasificación *a posteriori* usando todas las variables y análisis de la clasificación *a posteriori* usando variables seleccionadas. Los resultados de estos tres procedimientos se compararon entre sí.

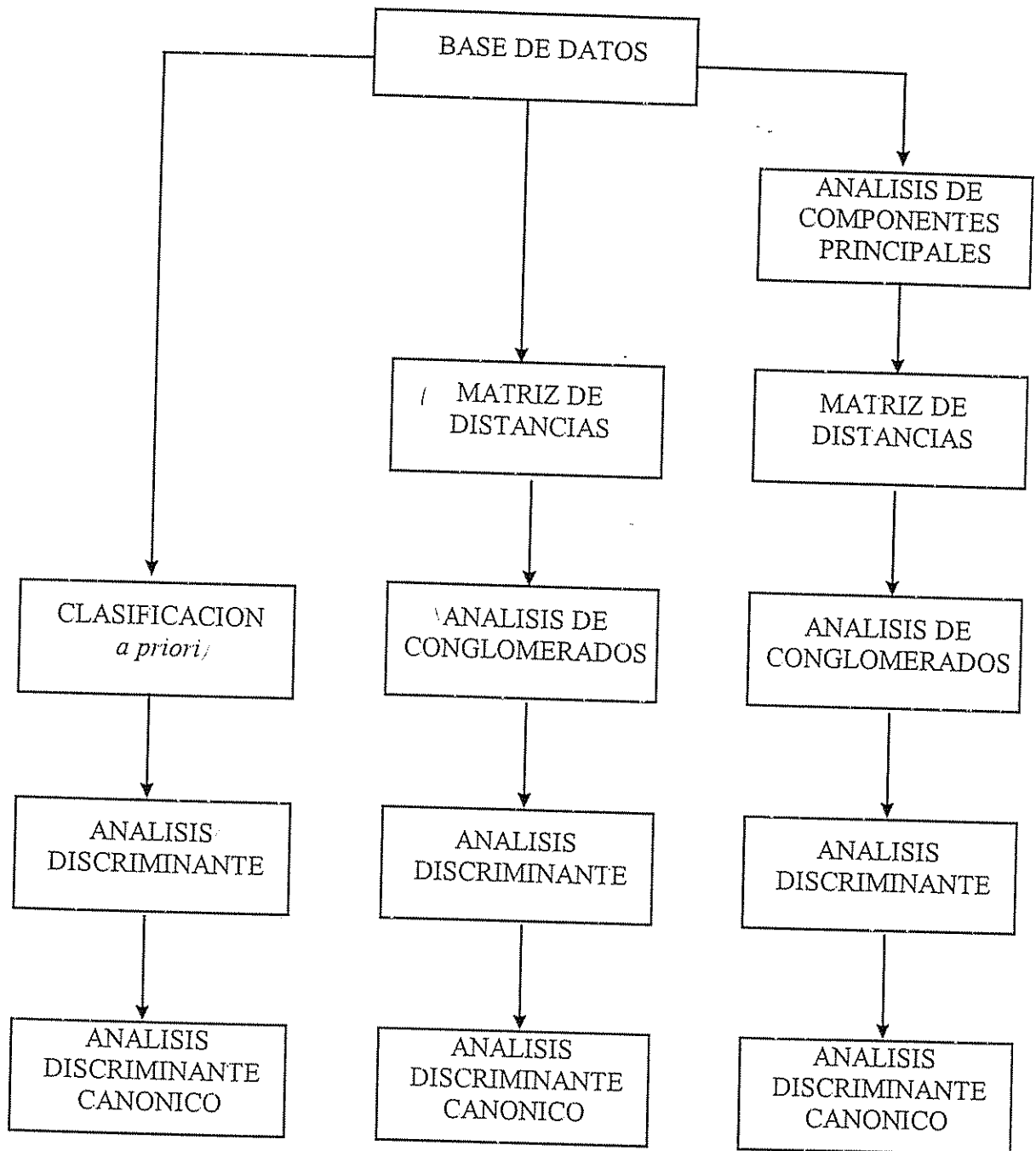


Figura 3. Diagrama que explica los tres tipos de procedimientos realizados.

2.5.2.1. Análisis de los tipos de sombra formados a priori

Dado que el análisis discriminante explora los factores que pueden ser responsables de los patrones observados en una clasificación, el primer procedimiento que se realizó consistió en examinar, a través de su uso, las diferencias entre los cinco tipos de sombra, con el objetivo de identificar las variables socioeconómicas y biofísicas que explicaban la agrupación *a priori*. Mediante el procedimiento DISCRIM (SAS Institute Inc., 1987) se calculó la distancia generalizada al cuadrado entre las distintas combinaciones de pares de tipos de sombra dada por la fórmula (1), para ver qué tipos se asemejaban y diferenciaban más entre sí.

$$D^2(ij) = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)' \text{COV}^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_j) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$D^2(ij)$ = Distancia generalizada al cuadrado entre el tipo de sombra i y el j

\bar{X}_i = Vector p -dimensional que contiene las medias de las variables en el grupo i

\bar{X}_j = Vector p -dimensional que contiene las medias de las variables en el grupo j

$p = 24$ = Número de variables en cada finca

Posteriormente se desarrolló una función discriminante, basada en la matriz de covarianza combinada de las 29 fincas, usando otra medida de distancia generalizada al cuadrado, la cual se muestra en la fórmula (2).

$$D_j^2(X) = (X - \bar{X}_j)' \text{COV}^{-1} (X - \bar{X}_j) \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

$D_j^2(X)$ = Distancia al cuadrado de X al grupo j

X = Vector p -dimensional que contiene las variables cuantitativas de una observación

Esta distancia se utilizó en la fórmula (3) para calcular la probabilidad posterior $\Pr(j|X)$ de que una observación sea clasificada en cualquiera de los k tipos ($k=1,\dots,5$), excluyendo la observación correspondiente a la finca a ser clasificada y calculando la función a partir de las otras 28 fincas (clasificación mediante validación cruzada).

$$\Pr(j|X) = \exp(-.5 D_j^2(X)) / \sum_k \exp(-.5 D_k^2(X)) \dots \dots \dots (3)$$

Después, mediante el procedimiento CANDISC (SAS Institute Inc., 1987), se derivaron variables canónicas para resumir la variación entre clases y detectar las variables que mejor separan los tipos de sombra. Se probó la hipótesis de que los tipos de sombra son iguales usando la prueba multivariada para diferencias entre las clases (Lambda de Wilks).

2.5.2.2. Análisis de la clasificación a posteriori usando todas las variables

El segundo procedimiento utilizó el análisis de conglomerados para realizar otra clasificación de las fincas. Este análisis excluyó a la variable tipo de sombra, considerando 24 variables cuantitativas. Se calcularon las distancias $d(a,b)$ entre cada par de observaciones por medio de una macro en SAS usando la distancia de Gower, que tiene la característica de que estandariza las variables por el rango de las variables:

$$d(a,b) = [1/p \sum |x(a) - x(b)|] / \text{rango}(x) \dots \dots \dots (4)$$

La matriz de distancias generada fue utilizada en el análisis de conglomerados realizado mediante el método de varianza mínima de Ward (1963) y con ayuda del

procedimiento CLUSTER (SAS Institute Inc., 1987). Como criterio para la selección del número de conglomerados se empleó la prueba de la pseudo t^2 . Se observó la concordancia entre la clasificación realizada por CLUSTER y la clasificación hecha *a priori*. Finalmente se aplicó el análisis discriminante y el análisis discriminante canónico a los conglomerados obtenidos mediante este procedimiento, tal y como se describió para la clasificación hecha *a priori*.

2.5.2.3. *Análisis de la clasificación a posteriori usando variables seleccionadas*

Este procedimiento fue igual al anterior, pero en lugar de usar las 24 variables, se usaron 13 que fueron seleccionadas por un análisis de componentes principales. Este análisis se realizó mediante el procedimiento FACTOR (SAS Institute Inc., 1987) usando el método de componentes principales. Además, se realizó una rotación de ejes de tipo varimax con el fin de identificar las correlaciones entre variables de los componentes. Se seleccionaron los componentes con un valor propio mayor a 1 y de cada uno de ellos se extrajeron las variables con mayor peso.

3. RESULTADOS

3.1. Descripción de variables

Las estadísticas univariadas se presentan en el Anexo 3.

3.1.1. El productor

El productor de café en la zona de Turrialba tiene una edad media de 51 años, con un rango entre 36 y 82 años, lo que indica que los jóvenes se están dedicando a actividades distintas a la caficultura. La finca es la fuente de ingresos más importante para 83% de los productores. El otro 17% son productores que trabajan de manera independiente, con alguna empresa o en la administración de otras fincas.

3.1.2. Las fincas

El tamaño promedio de las fincas es de 43.28 ha, siendo la más pequeña de 0.175 ha y la más grande de 650 ha. El tamaño es muy variable entre las distintas fincas y la media no es en este caso la mejor medida de tendencia central de la distribución. Hay valores extremos que dan una cola pronunciada hacia la derecha de la distribución (nótese la diferencia entre el rango y Q3-Q1 en el anexo 3), lo que indica que la superficie de las fincas no tiene una distribución normal. La mediana (5 ha), por lo tanto, proporciona mejor información acerca del tamaño de las fincas estudiadas. Una situación similar, aunque no tan exagerada, puede observarse con la superficie de café dentro de cada finca.

No todas las fincas están totalmente cubiertas por cafetales. Sólo 38% son fincas con el 100% de su superficie destinada al café. En las demás se encuentra una diversificación de actividades, ya que por ejemplo 34% de las fincas tienen potrero, 21% tienen macadamia y

21% también tienen caña. Otros espacios frecuentes de encontrar en las fincas son los destinados a la agricultura, árboles y charral. Un 28% de las fincas están dedicadas exclusivamente a la producción de café, mientras que dentro de las fincas diversificadas, las más comunes tienen dos actividades, aunque algunas presentaron hasta cinco actividades económicas. El café es el cultivo más importante en el 86% de las fincas, mientras que en el otro 14% es el segundo cultivo en importancia.

El exceso de lluvia fue considerado como un problema, en tanto que otros factores no son considerados como problemas por la mayoría de los finqueros (Cuadro 3). El exceso de lluvia en la época de floración y durante la cosecha provocan la caída del café.

Cuadro 3. Número de fincas que consideran algunos factores como problemas para el cultivo del café en Turrialba.

Factor	¿Es problema?	
	Si	No
Viento	4	25
Nubosidad	7	22
Sequía	0	29
Exceso de lluvia	24	5
Calor	1	28
Frío	6	23
Topografía	2	27

3.1.3. El cafetal

Las fincas se encontraron entre 500 y 1225 m de altitud, con un promedio de 815 m, en terrenos desde planos hasta con 40% de pendiente y con menos de 30% de pedregosidad. La variedad de café más utilizada es Caturra. El rendimiento anual varió entre 9 y 60

fanegas* ha⁻¹, con un promedio de 33 fanegas ha⁻¹. La población de cafetos varió entre 1500 y 8500 plantas ha⁻¹ con una media de 4600 plantas ha⁻¹.

Los árboles de sombra (poró), presentes en 86% de las fincas, son el componente más abundante en los cafetales. Los maderables y las musáceas también son ampliamente usados por los finqueros mientras que los otros componentes de sombra son menos frecuentes (Anexo 4). El porcentaje de sombra utilizado en los distintos sistemas resultó significativamente diferente ($P = 0.0007$). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en la población de café por hectárea ($P = 0.0849$) ni en el rendimiento ($P = 0.1262$).

3.1.4. Índices de diversidad

Los índices de diversidad de Shannon, de Margalef, de dominancia de Simpson y de diversidad de Simpson, así como la riqueza, resultaron diferentes entre los distintos tipos de sombra ($P = 0.0007$, $P = 0.0002$, $P = 0.0038$, $P = 0.0009$, $P = 0.0001$). En cambio el índice de uniformidad y la abundancia no resultaron diferentes. En el 41% de las fincas la riqueza fue de un único componente, por lo que la diversidad fue cero (Anexo 5).

3.1.5. Costos de producción

Los costos por hectárea son en promedio de ¢ 396000 y siguen una distribución muy cercana a la normal. Los costos por mano de obra son aproximadamente iguales a los costos de los insumos. Dentro de los costos de insumos, los más altos corresponden a los costos de fertilizantes, siguiendo el costo por herbicidas y finalmente el costo por fungicidas y foliares. El ingreso ha⁻¹ promedio, descontando los costos, es de ¢ 407000 (Anexo 3).

* Una fanega = 400 litros de café cereza = 258 kg de café cereza = 46 kg de café de exportación

3.1.6. Manejo

El manejo que se realiza en los cafetales de Turrialba consiste básicamente de siete actividades: control de malezas, fertilización, descumbra del dosel de sombra, poda del café, deshija, control de enfermedades y cosecha (Cuadro 4). Generalmente, la primer actividad que sigue al término de la cosecha es el control de malezas, que puede realizarse en el período diciembre-febrero, aunque el mes más común para la realización de esta actividad es enero. En las fincas que tienen sombra de poró se realizan de tres a cinco “limpías” (controles de malezas) al año, utilizando preferentemente herbicidas. Algo similar sucede en las fincas con sombra de macadamia, en las cuales se realizan cuatro limpieas por año. En las fincas que utilizan laurel como sombra se realizan de dos a cuatro “limpías”, al igual que en las fincas con sombra mixta, mientras que en las fincas que tienen musáceas, se realizan tres.

Cuadro 4. Calendario de actividades de manejo en los cafetales de Turrialba

Actividad	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Control de malezas	X				X				X			
Fertilización	X				X				X			
Descumbra		X				X				X		
Poda		X										
Deshija					X							
Control de enfermedades			X				X			X		
Cosecha						X	X	X	X	X	X	X

Después de la primer limpia (aunque casi siempre en el mismo mes), sigue la fertilización con algún producto nitrogenado, del cual se aplican 7 quintales ha^{-1} $año^{-1}$ en promedio. La fertilización se realiza después del control de malezas y antes de la regulación

de la sombra para que el suelo esté lo más limpio posible y el fertilizante sea mejor aprovechado por los cafetos. Además se realizan otras dos fertilizaciones al año, pero con un fertilizante a base de alguna fórmula completa como 18-5-15 o 15-3-31, a razón de 7 quintales ha^{-1} año^{-1} .

Se realizan en promedio tres descumbras por año, aunque hay finqueros que realizan dos o cuatro. En la mayoría de las fincas el poró se poda a una altura de 2-2.5 m para facilitar el manejo. En cambio, cuando se tienen árboles frutales se requiere de escalera para poder regular la sombra. En las fincas con sombra de macadamia no hay regulación de sombra, ya que la nuez es el cultivo más importante.

El sistema de manejo de los cafetales incluye la poda por rama en la mayoría de las fincas (83%), por lote en el 10% de ellas y por calle en el 14%. Hubo dos fincas que combinaron dos tipos de poda. Puede haber una o dos deshijas en el año. Algunos finqueros hacen una deshija al mismo tiempo que realizan la poda y la otra aproximadamente tres meses después, mientras que otros sólo realizan esta última deshija.

Sólo el 7% de las finqueros no fertilizan el café y el 3.5% no realizan control de malezas. A diferencia de estas actividades, el control de enfermedades es una práctica que el 34% de los finqueros no llevan a cabo. Estos finqueros son el 66% de los que usan sombra de musáceas, el 50% de los que usan sombra mixta, el 29% de los que usan laurel y el 25% de los que usan macadamia. En todas las fincas con sombra de poró se realizan las tres actividades. En las fincas donde sí se realiza el control de enfermedades, se efectúan dos o tres fumigaciones en el año. En general, la descripción de estas actividades coincide con lo reportado por Hernández *et al.* (1997).

3.2. Relaciones entre variables

Se estudiaron relaciones entre algunas de las variables con el fin de tener un mejor conocimiento de las fincas. Por ejemplo, el análisis de contingencia mostró evidencia ($P = 0.024$) de que si la mano de obra es contratada o familiar, no es independiente del tipo de sombra de la finca (Cuadro 5). En la mayoría de las fincas el dueño participa en el manejo. En el 41% de las fincas la familia aporta mano de obra, mientras que en el 35% sólo el dueño trabaja y, si lo requiere, contrata mano de obra. En el restante 24%, el dueño no aporta mano de obra al manejo del cafetal, ya que la contrata toda. Dentro de este 24% de productores están la totalidad de los que usan sombra de macadamia, dos fincas con sombra de poró y una finca con sombra de laurel. En estas fincas la diversidad del dosel de sombra es cero (sólo un tipo de componente es utilizado como sombra).

Cuadro 5. Características de la mano de obra por tipo de sombra en cafetales de Turrialba.

Tipo de sombra	Mano de obra			Total
	Familiar ¹	Dueño ²	Contratada ³	
Poró	2	2	2	6
Laurel	3	3	1	7
Musáceas	4	2	0	6
Macadamia	0	0	4	4
Mixta	3	3	0	6
Total	12	10	7	29

¹ La familia aporta mano de obra

² Sólo el dueño trabaja en la finca y si lo requiere contrata mano de obra

³ Toda la mano de obra es contratada

El análisis de varianza mostró que la superficie de la finca ($P=0.0138$) y la superficie del cafetal ($P=0.0004$), cuando se usa mano de obra contratada, son mayores que

cuando el dueño y la familia aportan la mano de obra. Por otro lado, 69% de los productores tiene sólo una finca, mientras que el 31% tiene más de una finca.

Cuadro 6. Tamaño promedio de las fincas y de los cafetales por tipo de sombra.

Tipo de sombra	Tamaño promedio (ha)	
	Finca	Cafetal
Poró	138	36
Laurel	16	9
Musáceas	4	3
Macadamia	65	20
Mixta	5	4

Las fincas con tipo de sombra de laurel, de musáceas y sombra mixta son, en promedio, más pequeñas que las fincas con tipo de sombra de poró o de macadamia (Cuadro 6). Sin embargo, el análisis de varianza no detectó diferencias significativas debido, seguramente, a la gran variabilidad en el tamaño de las fincas y de los cafetales.

Cuadro 7. Costos promedio por hectárea por tipo de sombra

tipo de sombra	costo/ha	costo de la mano de obra/ha	costo de los insumos/ha
Poró	210704	92598	118106
Laurel	175293	90432	84861
Musáceas	158802	83874	74928
Macadamia	193203	92669	100534
Mixta	158987	107056	51931

El costo de los insumos por hectárea difirió entre los distintos tipos de sombra ($P = 0.0158$). Sin embargo, ni el costo total por ha ni los costos desglosados de fungicidas, herbicidas y fertilizantes resultaron estadísticamente diferentes entre los distintos tipos de sombra. El costo de la mano de obra con respecto al costo total por hectárea es

significativamente diferente ($P = 0.0356$) entre los tipos de sombra, ya que los sistemas con sombra mixta utilizan más mano de obra que insumos (Cuadro 7).

3.3. Análisis de las tipologías

3.3.1. Análisis de los tipos de sombra formados a priori

Las fincas con tipo de sombra mixta son las que más se diferencian de las demás y las fincas con sombra de musáceas son las que más se parecen a las otras (Cuadro 8). Las fincas con poró son muy distintas de las que tienen laurel y sombra mixta y son parecidas a las de musáceas y macadamia. Las fincas con laurel se parecen a las de macadamia y musáceas y son distintas de las mixtas y de poró. Las fincas con sombra de macadamia se diferencian mucho de las fincas con sombra mixta y, en cambio, se parecen a las otras.

Cuadro 8. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado D^2 (i|j)¹ entre pares de tipos de sombra

Tipo de sombra	Poró	Laurel	Musáceas	Macadamia	Mixta
Poró	0				
Laurel	655	0			
Musáceas	256	354	0		
Macadamia	293	221	236	0	
Mixta	671	1236	389	1091	0

$$^1 D^2(i|j) = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)' \text{COV}^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_j)$$

Cuadro 9. Análisis discriminante canónico para la variable tipo de sombra

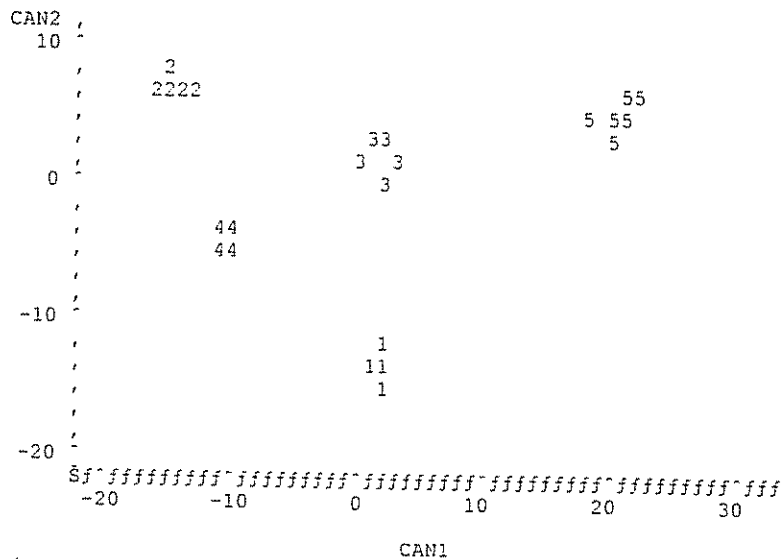
CAN ⁺	Correlación canónica	Valor propio	Proporción acumulada
1	0.997334 ^{ns}	186.8149	0.6963
2	0.992412 ^{ns}	65.1403	0.9391
3	0.961148 ^{ns}	12.1242	0.9843
4	0.899195 ^{ns}	4.2234	1.0000

^{ns} no significativa

⁺CAN: Variable canónica

En la validación cruzada del análisis discriminante la mayoría de las fincas fueron clasificadas erróneamente (Estimado del error de conteo = 79%). Las dos primeras correlaciones canónicas explican casi el 94% de la variabilidad entre los tipos de sombra. Sin embargo, los valores de las cuatro correlaciones canónicas y el R² entre éstas y la variable clasificatoria (tipo de sombra) son muy altos, lo que indica que no hay una que tenga un poder discriminatorio mucho más alto que las otras (Cuadro 9).

La primer variable canónica (CAN1), que expresa casi el 70% de la variación entre los tipos de sombra (Cuadro 9), tiene una carga muy fuerte de la variable riqueza de especies, la cual, junto con la abundancia, se contraponen a las variables de rendimiento, ingreso y los distintos costos. Sin embargo, el contraste no es muy fuerte, lo que indica que la tendencia no es muy clara (Anexo 6).



NOTA: 5 observaciones ocultas
 NOTA: Los números representan el tipo de sombra: 1=poró, 2=laurel, 3=musáceas, 4=macadamia, 5=sombra mixta

Figura 4. Gráfico de CAN1 * CAN2 para los tipos de sombra formados *a priori*

El tipo de sombra mixto tiene un valor alto para CAN1, por lo que se concluye que tiene alta riqueza de especies y altas abundancias, además de que hay una tendencia hacia rendimientos, ingreso y costos bajos. Por el contrario, el tipo de sombra de laurel tiene una riqueza baja y tiende a rendimientos, ingresos y costos altos (Figura 4). La segunda variable canónica también es dominada por la riqueza de especies, aunque se nota un peso más fuerte de la edad del finquero, la abundancia y el porcentaje de sombra. Estas cuatro variables se contraponen con la superficie de café, los costos de insumos (de herbicidas, de fertilizantes y de fungicidas) y el índice de uniformidad. Sin embargo, de acuerdo a la prueba lambda de Wilks, ninguna de las variables canónicas logra explicar la variabilidad entre los tipos de sombra ($P = 0.1708$).

3.3.2. Análisis de la clasificación a posteriori usando todas las variables

Se agruparon las 29 fincas de acuerdo a las 24 variables cuantitativas que aparecen en el Anexo 6. La prueba de la pseudo t^2 indicó seleccionar cuatro conglomerados. En el primer conglomerado quedaron 4 fincas, en el segundo 13, en el tercero 8 y en el cuarto 4. No hubo una concordancia de los conglomerados con la clasificación de tipos de sombra hecha *a priori* (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de fincas de cada tipo de sombra que fueron clasificadas en los distintos conglomerados (segundo procedimiento)

Conglomerado	Tipo de sombra					Total
	Poró	Laurel	Musáceas	Macadamia	Mixta	
1	3	0	0	1	0	4
2	3	3	4	2	1	13
3	0	2	1	1	4	8
4	0	2	1	0	1	4
Total	6	7	6	4	6	29

Los conglomerados 1 y 4 se parecen entre sí y están muy separados de los conglomerados 2 y 3, que a su vez se parecen entre sí (Cuadro 11). Al validar esta clasificación mediante el análisis discriminante, se obtuvo un error en la reclasificación ligeramente menor que para el caso de la clasificación *a priori*, pero todavía fue muy alto (66%).

Cuadro 11. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado D^2 (ij)¹ entre pares de conglomerados (segundo procedimiento)

Tipo de sombra	1	2	3	4
1	0			
2	1203	0		
3	1455	143	0	
4	164	1375	1625	0

$$^1 D^2 (ij) = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)' \text{COV}^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_j)$$

La prueba lambda de Wilks es significativa, aunque sólo la primer variable canónica (CAN1) resultó estadísticamente diferente de cero ($P = 0.0213$ en ambos casos). Sin embargo, ésta explica casi el 90% de la variabilidad entre los conglomerados (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis discriminante canónico para los conglomerados (segundo procedimiento)

CAN ⁺	Correlación canónica	Valor propio	Proporción acumulada
1	0.998369*	305.8943	0.8867
2	0.981660 ^{ns}	26.5145	0.9636
3	0.962425 ^{ns}	12.5615	1.0000

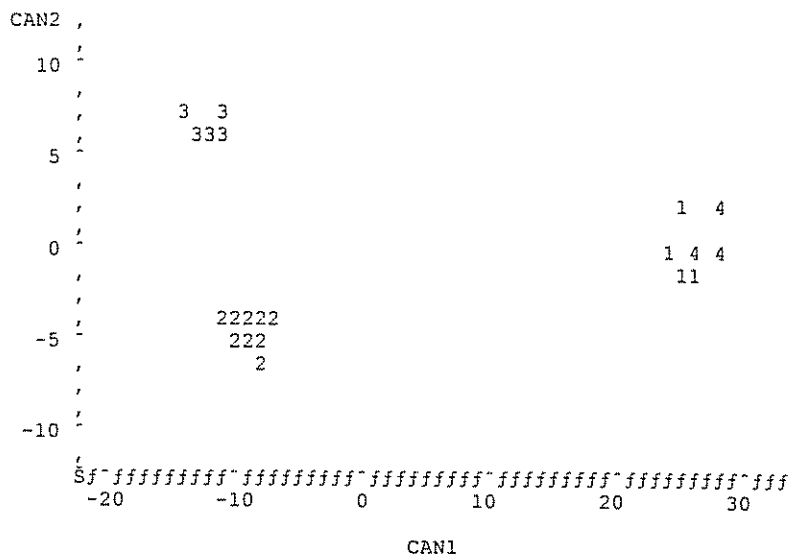
* significativo ($P < 0.05$)

^{ns} no significativo

⁺ CAN: Variable canónica

CAN1 está dominada por el número de actividades de la finca y la cantidad y costo de fertilizante. Las fincas pertenecientes a los conglomerados 1 y 4 tienen mayor diversificación de actividades que las fincas de los conglomerados 2 y 3. Las fincas del

conglomerado 4 son las que más fertilizante usan, mientras que las fincas del conglomerado 3 son las que usan menos. Estas variables reflejan la intensificación de las fincas y se contraponen fuertemente con el porcentaje de la superficie de la finca que está cubierta por el cafetal: las fincas del conglomerado 1 destinan menor porcentaje de su superficie al café y las fincas de los conglomerados 2 y 3 destinan la mayoría de su superficie (algunas hasta el 100%) al cultivo del café (Figura 5). Esto concuerda con el contraste que se observa en el Anexo 6 entre las variables número de actividades y porcentaje de la finca destinada al café, pues mientras mayor diversificación haya a nivel de la finca, menos superficie estará ocupada por el café.



NOTA: 8 observaciones ocultas.

NOTA: Los números representan el número de conglomerado

Figura 5. Gráfico de CAN1 * CAN2 para la clasificación con todas las variables

La segunda variable canónica (CAN2) está dominada por variables relacionadas también con la intensificación del manejo, como el costo ha^{-1} , los costos de los insumos, el ingreso ha^{-1} y el rendimiento, que se correlacionan de manera negativa con la variable canónica y se contraponen a la riqueza, que también domina positivamente en CAN2

(Anexo 6). Las fincas del conglomerado 2 tienen los mayores costos ha^{-1} , rendimientos e ingresos, mientras que en las fincas del conglomerado 3, estas variables tienen los menores promedios (Figura 5). En estas fincas tanto los costos por mano de obra como por insumos son menores que en las demás, pero los costos por mano de obra son mayores que los costos por insumos. Las fincas del conglomerado 1 tienen los mayores costos de insumos ha^{-1} y en promedio los gastos por mano de obra son menores que los gastos por insumos. Las fincas del conglomerado 1 tienen una riqueza de 1, mientras que las del conglomerado 2 tienen riquezas de 1 o 2. Las fincas de los conglomerados 3 y 4 tienen una riqueza promedio de 3.

3.3.3. Análisis de la clasificación a posteriori usando variables seleccionadas

Ocho componentes principales sintetizan el 78% de la variabilidad de los datos (Anexo 7). Después de realizar la rotación varimax se vio que el primer componente tiene un peso muy fuerte de variables muy relacionadas con la intensidad del manejo, como son costo ha^{-1} , ingreso ha^{-1} y rendimiento. El segundo y el séptimo componentes se refieren al tamaño de la explotación, ya que las variables con más carga son el número de fincas que tiene cada finquero y la superficie que está destinada al café dentro de la finca. En el tercer componente se seleccionaron la cantidad y el costo del fertilizante. El cuarto componente se refiere a la diversidad, pues en él fueron seleccionadas las variables riqueza y uniformidad del dosel de sombra, al igual que el sexto, en el que la variable abundancia tiene el mayor peso. Finalmente, el quinto y el octavo componentes se refieren al ambiente biofísico, siendo seleccionadas las variables pendiente y número de meses de verano, respectivamente (Anexo 8).

Después de aplicar el análisis de conglomerados a estas 13 variables se obtuvieron cuatro grupos que no concordaron con la clasificación de tipos de sombra hecha *a priori*. El primer conglomerado consistió de 17 fincas, el segundo de 2, el tercero de 6 y el cuarto de 4 (Cuadro 13).

Cuadro 13. Número de fincas de cada tipo de sombra que fueron clasificadas en los distintos conglomerados (tercer procedimiento)

Conglomerado	Tipo de sombra					Total
	Poró	Laurel	Musáceas	Macadamia	Mixta	
1	5	5	4	3	0	17
2	0	0	0	0	2	2
3	1	2	1	1	1	6
4	0	0	1	0	3	4
Total	6	7	6	4	6	29

El conglomerado 2 es el que más se diferencia de los otros y los conglomerados más parecidos entre sí son el 1 y el 3 (Cuadro 14). La validación de esta clasificación mediante el análisis discriminante, dio un error de 19% que es mucho menor que para el caso de las dos clasificaciones anteriores.

Cuadro 14. Matriz de distancias generalizadas al cuadrado D^2 (ij)¹ entre pares de conglomerados (tercer procedimiento)

Tipo de sombra	1	2	3	4
1	0			
2	74	0		
3	22	72	0	
4	35	63	49	0

$$^1 D^2 (ij) = (\bar{X}_i - \bar{X}_j)' \text{COV}^{-1} (\bar{X}_i - \bar{X}_j)$$

La prueba lambda de Wilks es significativa ($P < 0.0001$), y las tres variables canónicas resultaron estadísticamente diferentes de cero (Cuadro 15). La primer variable canónica (CAN1) tiene un peso muy fuerte de las variables riqueza y abundancia, o sea que

la diversidad del dosel de sombra es lo que más contribuye a explicar la variabilidad entre los conglomerados. La segunda variable canónica (CAN2) sintetiza la siguiente magnitud en la variabilidad explicada entre los conglomerados y está dominada por variables relacionadas con la intensificación del manejo, como el costo ha⁻¹, cantidad y costo de fertilizante, rendimiento e ingreso ha⁻¹. La carga más fuerte en la tercer variable canónica (CAN3) corresponde al número de meses de verano. En CAN1 se nota que las cargas de riqueza y abundancia son opuestas a las de costos, ingreso y rendimiento, lo que indica una tendencia hacia una relación inversa entre la diversidad del dosel de sombra y la intensidad en el manejo del cafetal (Anexo 6).

Cuadro 15. Análisis discriminante canónico para los conglomerados (tercer procedimiento)

CAN ⁺	Correlación canónica	Valor propio	Proporción acumulada
1	0.929302***	6.3315	0.4713
2	0.902162**	4.3734	0.7968
3	0.855507*	2.7298	1.0000

* significativo (P < 0.05)

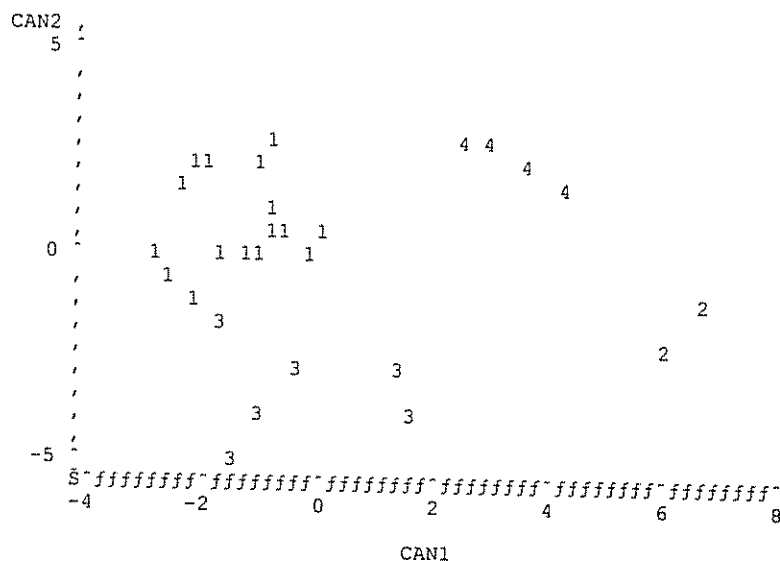
** significativo (P < 0.01)

*** significativo (P < 0.0001)

⁺ CAN: Variable canónica

Las fincas ubicadas en el conglomerado 1 son sencillas en su composición (riquezas de 1 y 2) y las fincas del conglomerado 2 son las que tienen la mayor riqueza (5). Las fincas del conglomerado 3 y del conglomerado 4 tienen riquezas promedio de 2 y de 3. En cuanto a las abundancias, las fincas con mayor riqueza (conglomerados 2 y 4) también tienen mayor abundancia que las fincas con menos riqueza (conglomerados 1 y 3). Las fincas en los conglomerados 1 y 3 tienen los costos e ingresos más altos y más bajos, respectivamente, mientras que las fincas con mayores riquezas tienen costos e ingresos intermedios. Las fincas del conglomerado 2 se diferencian de las del 4 en que a pesar de

tener menores costos, sus ingresos son mayores. Mientras mayores sean los costos, mayor es el rendimiento de café y mayor es el ingreso. Hay, por lo tanto, cuatro grupos de fincas cafetaleras en la región de Turrialba: fincas con cafetales poco o nada diversificados con manejo intensivo (conglomerado 1), fincas con cafetales muy diversificados (conglomerado 2), fincas con cafetales manejados deficientemente (conglomerado 3), y fincas con cafetales diversificados con manejo intensivo (conglomerado 4) (Figura 6).



NOTA: 1 observación oculta.

NOTA: Los números representan el número de conglomerado

Figura 6. Gráfico de CAN1 * CAN2 para la clasificación con variables seleccionadas

4. DISCUSION

4.1. Diversidad en los cafetales

La diversidad en los cafetales estudiados está dada más por limitaciones económicas que biofísicas. Bajos costos por insumos y por hectárea determinan una diversidad alta y viceversa. Esto causa rendimientos bajos e ingresos menores a los obtenidos con mayores costos. Por otro lado, los sistemas más complejos evolucionan parcialmente en respuesta a disponibilidad de la tierra (Aumeeruddy y Sansonnens, 1994), por lo que las fincas pequeñas diversifican a nivel del cafetal (composición diversa del dosel de sombra) y las fincas grandes diversifican a nivel de finca (distintas actividades en áreas separadas).

Así como en México se usan varias especies de *Inga* como sombra (Fuentes, 1979; Jiménez, 1979; Granados y Vera, 1995; Gallina *et al.*, 1996), en Turrialba está muy generalizado el uso de una sola especie de sombra, que es *Erythrina poeppigiana*. También se han reportado numerosas especies de maderables utilizadas como sombra en Ecuador (Peck y Bishop, 1992), mientras que en Turrialba, prácticamente sólo se usa una especie maderable (*Cordia alliodora*) combinada muy a menudo con *E. poeppigiana*, lo cual fue observado en este trabajo y ha sido reportado por Somarriba (1990) y Beer (1995).

El uso de los maderables en los cafetales ya ha sido reportado antes por otros autores. Por ejemplo, en la región costera de Ecuador, la mayor parte de la madera industrial proviene de los árboles de sombra utilizados en las fincas de cacao y de café. Los árboles son usados principalmente como sombra, aunque muchos finqueros los usan como inversión (Mussak y Laarman, 1989). En contraste a esto, en Turrialba se observó que el principal objetivo de los maderables es dar un producto alternativo que proporcione

ingresos, ya que es mal visto como árbol de sombra. Incluso, la gran mayoría de los finqueros que tienen laurel en sus cafetales piensan que la sombra que da es nociva para el café, pero lo mantienen por los beneficios que representa tener maderables en las plantaciones, los cuales ya han sido descritos por Trejos y Platen (1995).

El uso de macadamia como sombra en cafetales ha sido reportado para Zimbabwe por Bentley (1995), como un ejemplo de diversificación exitosa. En cambio, en Turrialba no se le ve mucho futuro. Esta combinación se diseñó como una estrategia para la sustitución de cafetales, debido a los bajos precios del café y al creciente mercado para la macadamia. Sin embargo, no todos los productores han eliminado el café, e incluso algunos han eliminado la macadamia, ya que los rendimientos y los precios están muy por debajo de lo esperado y por el comportamiento monopolístico del mercado. El problema es que ni el café ni la macadamia producen a niveles óptimos, ya que el manejo del sistema va enfocado a beneficiar a la macadamia, con lo cual la sombra es muy alta para el café.

4.2. Índices de diversidad

El índice de Margalef no discrimina entre sitios con igual número de especies y de abundancia total. Por ejemplo, las fincas 10 y 25 (Anexo 5) tienen la misma riqueza y aproximadamente el mismo número total de individuos, por lo que el índice de Margalef es casi idéntico entre ellas. No obstante, el índice de Shannon, así como el de Simpson, sí es distinto entre ambas fincas. Ello se debe a que las abundancias proporcionales de cada especie son muy diferentes de una finca a otra, característica que el índice de Margalef no logra reflejar, tal y como ya ha sido señalado por Magurran (1989).

El índice de Shannon tiene una interpretación difícil. Al comparar este índice para dos fincas, es claro que el que sea más alto indica una mayor diversidad, pero un índice por sí solo no nos dice nada. Esto se debe a que éste es un índice tomado de la ingeniería de la comunicación y mide la incertidumbre de la diversidad específica del i -ésimo individuo en un censo, cuando es tomado independientemente de los individuos previos (MacArthur, 1965). Sin embargo, no parece haber un proceso ecológico que corresponda de alguna manera al orden imaginario que se asume con este índice, ya que el significado biológico de lo que representa no está claro y no se justifica la transferencia del vocabulario de la termodinámica y la teoría de la información a hipótesis ecológicas (Goodman, 1975).

Los índices de Shannon y de Simpson han sido fuertemente criticados por su sensibilidad a las pocas especies más comunes (Kempton y Taylor, 1976), las cuales varían mucho de una época a otra en comunidades naturales (sobre todo cuando se muestrean animales). Sin embargo, esta no es una situación que deba preocupar para el uso de tales índices en los cafetales, debido a que en un cafetal la composición y distribución de especies tiende a mantenerse constante debido al manejo y a que hay menos especies que en un bosque natural, donde hay muchas especies raras y pocas muy abundantes.

El recíproco del índice de Simpson ($1/D$) y la riqueza de especies usados en conjunto aportan mucha información para los fines de este estudio. Ello se debe a la característica deseable de $1/D$ de ser igual a la riqueza cuando las abundancias relativas son iguales. Así, mientras más tienda $1/D$ al valor de la riqueza, más uniformes serán las abundancias proporcionales de los componentes del dosel de sombra.

Los índices de diversidad proporcionan una idea de la riqueza y las abundancias relativas, pero no dicen nada acerca de la composición. Es posible obtener índices muy parecidos entre dos fincas con la misma riqueza, aunque las abundancias y la naturaleza de los componentes sea muy distinta. Por ejemplo, las fincas 17 y 18 tienen índices muy parecidos (Anexo 5), aunque las abundancias y los componentes son muy distintos (Anexo 4). Una finca tiene casi 400 árboles ha^{-1} más que la otra y aunque comparten un componente del dosel (poró), difieren en la naturaleza del segundo. Es muy distinto tener como sombra a un maderable que a una musácea, desde el punto de vista del manejo (podas, sombra, materia orgánica) y de las estrategias del finquero (productos diferenciados).

4.3. Tipología de las fincas cafetaleras de Turrialba

El contraste encontrado entre variables como riqueza y abundancia de los componentes de sombra con variables como costos, ingreso, rendimiento y tamaño de la explotación, corrobora lo encontrado por Rao (1975), Fuentes (1979), Espinoza (1983, 1986), Lagemann y Heuvelop (1983), Villatoro (1986) y Escalante *et al.* (1987) en relación a que los sistemas más diversificados se encuentran en las fincas más pequeñas, con baja intensidad de manejo y de nivel socioeconómico bajo.

Las variables biofísicas no resultaron responsables de las clasificaciones hechas por el análisis de conglomerados. Esto se debe a que estas variables no presentan una variación muy grande. En cambio las variables socioeconómicas sí difirieron mucho, siendo las principales responsables de la diversidad observada en las fincas.

El tercer procedimiento para clasificar fincas dio los mejores resultados en cuanto a consistencia de la clasificación realizada (sólo 20% de error en la reclasificación) y poder

discriminante de las variables para explicar los grupos. Aunque el análisis de componentes principales permitió reducir la dimensionalidad de 24 variables a 13, no deben eliminarse las mismas variables en estudios posteriores, ya que las condiciones socioeconómicas y biofísicas seguramente serán diferentes.

La tipología obtenida mediante el anterior procedimiento no concuerda con la clasificación hecha *a priori*. De hecho, el grupo de cafetales poco o nada diversificados contiene a la mayoría de las fincas con sombra de poró, de laurel, de musáceas y de macadamia, que son manejadas de manera intensiva y en los que se obtienen los mayores rendimientos. Los grupos diversificados intensivos y lo muy diversificados contienen fincas originalmente clasificadas como de sombra mixta. Los muy diversificados difieren de los diversificados en la riqueza y en el manejo, pero el rendimiento es el mismo entre ellos y menor que el de los cafetales del primer grupo. El otro grupo (cafetales manejados deficientemente) incluye cafetales de los cinco tipos de sombra, pero que fueron agrupados en un conglomerado debido a que son muy semejantes en aspectos de manejo. Son los cafetales con menores costos de producción, menores rendimientos de café y menores ingresos.

La clasificación original habría considerado a los cafetales de este grupo como diferentes, sólo por el criterio de diversidad de la sombra. Esta metodología los agrupa en un conglomerado, lo cual es mejor, puesto que las características del manejo son muy similares. Las recomendaciones de carácter técnico tendrían que estar basadas en estos aspectos y no sólo en la diversidad del dosel de sombra.

4.4. Promoción de la diversidad

Una alta diversidad no implica necesariamente una alta estabilidad (Pielou, 1975). La hipótesis de la estabilidad-diversidad, que predecía que los sistemas ecológicos complejos son más estables que los simples, era en realidad (si bien muy atractiva) muy simplista (Pimm, 1984) y sufría de analogías cuestionables y representaciones matemáticas no realistas (Goodman, 1975). Incluso los impactos humanos sobre los sistemas agrícolas son muchos y variados: la simplificación puede no ser la única, y ni siquiera la principal causa de su inestabilidad (Pimm, 1984).

Esta idea puede ser llevada a los cafetales. De acuerdo con Beer (1995), en un cafetal hay una diversificación de especies, de estratos verticales y distribución horizontal y de productos y formas de manejar los componentes. Sin embargo, un cafetal no requiere de una alta diversidad para ser sostenible. Numerosos estudios de cafetales con sombra de poró (*E. poeppigiana*) o de laurel (*C. alliodora*) parecen demostrar la sostenibilidad de tales sistemas. En otro estudio, Eden (1988) encontró que distintas comunidades de agricultura migratoria de Colombia y Papua Nueva Guinea, tanto de alta como de baja diversidad, resultaron sostenibles. El autor concluye que no sólo las comunidades altamente diversas se adaptan a la agricultura migratoria y pone en duda que la mezcla de cultivos derive en ventajas ecológicas, como un mejor uso de la energía, humedad y nutrientes disponibles, mayor protección al suelo y reducción de la susceptibilidad a las plagas. De hecho, no se justifica atribuir a un sistema agroforestal de café con una sola especie de sombra, los beneficios ecológicos de un bosque (Beer, 1995).

La diversidad puede ser usada para reducir el riesgo económico de la finca. En varias de las fincas estudiadas hubo una actitud de aversión al riesgo. Muchos finqueros deliberadamente permiten que *Cordia* se regenere de manera natural en sus cafetales, pues consideran que la madera es una manera de ahorro que les puede ayudar en momentos de emergencia económica. Otros cultivan plátano, banano o cítricos que proporcionan de manera continua alimentos para el consumo familiar y para la venta.

Sin embargo, al entender la diversidad del cafetal en un sentido más amplio (no sólo diversidad del dosel de sombra) se debe considerar que los cafetales más diversificados tienen tanta importancia como los bosques naturales para la conservación de la biodiversidad (Perfecto *et al.*, 1996). Este aspecto cobra gran importancia en Centroamérica, debido a que la elevada deforestación y la conversión de los cafetales tradicionales a tecnificados están disminuyendo los refugios para la biodiversidad. Esto se confirma por los estudios realizados principalmente alrededor de dos grupos: especies de aves (Thiollay, 1995; Tangle, 1996; Canaday, 1997; Greenberg *et al.*, 1997) y hormigas u otros artrópodos (Bigger, 1993; Majer *et al.*, 1994; Roth *et al.*, 1994;).

5. CONCLUSIONES

Las condiciones socioeconómicas afectan a la composición del dosel de sombra en los cafetales estudiados. La intensidad del manejo y el tamaño de la explotación presentan una relación inversa con la diversidad y la riqueza del dosel de sombra.

Las fincas pequeñas presentan mayor diversidad en el cafetal que las fincas grandes. Esto no significa que no haya diversificación en las fincas grandes, sino que la estrategia es diferente. En estas fincas se prefiere diversificar a nivel de finca y no dentro del cafetal.

El exceso de lluvia es la principal limitante para la producción de café en Turrialba. Los finqueros que perciben que no hay verano, tienen un sistema de manejo más intensivo que los que consideran que sí hay.

La tipología de las fincas que mejores resultados dio, fue la consistente en un análisis de componentes principales para seleccionar variables, un análisis de conglomerados con las variables seleccionadas, y un análisis discriminante para determinar qué variables son las que generan la clasificación.

Hay cuatro tipos de fincas en la región de Turrialba: con cafetales nada o poco diversificados manejados intensivamente, con cafetales diversificados manejados intensivamente, con cafetales muy diversificados manejados menos intensivamente y con cafetales manejados deficientemente.

6. RECOMENDACIONES

Usar la metodología que consiste en análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, análisis discriminante y análisis discriminante canónico para llevar a cabo el estudio a nivel de Centroamérica, ya que proporciona mayor información que el análisis de la clasificación *a priori* de los cafetales.

Tomar en cuenta que la diversidad es una estrategia que siguen algunos finqueros cuando se hagan recomendaciones técnicas para el manejo del cafetal. Considerar esto en los programas de capacitación.

7. LITERATURA CITADA

- Aumeeruddy, Y. y Sansonnens, B. 1994. Shifting from simple to complex agroforestry systems: an example for buffer zone management from Kerinci (Sumatra, Indonesia). *Agroforestry Systems* 28: 113-141.
- Beer, J. 1995. Efectos de los árboles de sombra sobre la sostenibilidad de un cafetal. *Boletín PROMECAFE* 68: 13-18.
- Benacchio S., S. 1987. La diversificación de la producción en áreas cafetaleras: el Plan de Desarrollo, sus enfoques y perspectivas. *FONAIAP Divulga* No. 26: 12-16.
- Bentley, D. 1995. A complex cropping system. *Gate* No. 2: 10-13.
- Bigger, M. 1993. Ant-homopteran interactions in a tropical ecosystem. Description of an experiment on cocoa in Ghana. *Bulletin of Entomological Research* 83: 475-505.
- Canaday, C. 1997. Loss of insectivorous birds along a gradient of human impact in Amazonia. *Biological Conservation* 77: 63-77.
- Chinchilla V., E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de fomento y Asesoría Municipal. 396 p.
- Eden, M.J. 1988. Crop diversity in tropical swidden cultivation: comparative data from Colombia and Papua New Guinea. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 20: 127-136.
- Escalante, E.E. 1985. Promising agroforestry systems in Venezuela. *Agroforestry Systems* 3: 209-221.
- Escalante, E. 1997. Café y agroforestería en Venezuela. *Agroforestería en las Américas* 4(13): 21-24.
- Escalante F., E.E., Aguilar R., A. y Lugo P., R. 1987. Identificación, evaluación y distribución espacial de especies utilizadas como sombra en sistemas tradicionales de

café (*Coffea arabica*) en dos zonas del estado Trujillo, Venezuela. *Venezuela Forestal* 3(11): 50-62.

† Escobar, G. y Berdegué, J. 1990. Conceptos y metodologías para la tipificación de sistemas de finca: la experiencia de RIMISP. *In*: Escobar, G. y Berdegué, J. (eds.). Tipificación de sistemas de producción agrícola. RIMISP, Santiago de Chile. pp. 13-43.

Espinoza P., L. 1983. Estructura general de cafetales de pequeños agricultores. *In*: Heuvelodop, J. y Espinoza, L. (eds.). El componente arbóreo en Acosta-Puriscal, Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 72-84.

Espinoza P., L. 1986. El componente arbóreo en el sistema agroforestal "cafetal arbolado" en Costa Rica. *El Chasqui* No. 12: 17-22.

Fuentes F., R. 1979. Sistemas agrícolas de producción de café en México. *In*: Salas, G. de las (ed.). Taller Sistemas Agroforestales en América Latina: Actas. (marzo, 1979, Turrialba). CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 62-75.

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

Goodman, D. 1975. The theory of diversity-stability relationships in ecology. *The Quarterly Review of Biology* 50(3): 237-266.

Granados S., D. y Vera L., J. 1995. El sistema agroforestal cafetalero en Córdoba, Veracruz. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales* 1: 97-108.

Greenberg, R.; Bichier, P. y Sterling, J. 1997. Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of Eastern Chiapas, México. *Biotropica* 29(4): 501-514.

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

- Jiménez, E. 1979. Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero. I. Estructura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec, Ver., México. *Biotica* 4(1): 1-12.
- Kaufman, L. y Rousseeuw, P.J. 1990. Finding groups in data. John Wiley & Sons. New York. 342 p.
- Kempton, R.A. y Taylor, L.R. 1976. Models and statistics for species diversity. *Nature* 262: 818-820.
- Lagemann, J. y Heuvelop, J. 1983. Characterization and evaluation of agroforestry systems: the case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 1: 101-115.
- Leiva, J.M. y López, J. 1985. Los sistemas agroforestales de la cuenca del Río Polochic; composición y características. *Tikalía* Nos. 1 y 2: 47-84.
- Ludwig, J.A. y Reynolds, J.F. 1988. Statistical Ecology. John Wiley & Sons. New York. 337 p.
- MacArthur, R.H. 1965. Patterns of species diversity. *Biol. Rev.* 40: 510-533.
- Magurran, A.E. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Ediciones Vedral. Barcelona. 200 p.
- Majer, J.D.; Delabie, J.H.C. y Smith, M.R.B. 1994. Arboreal ant community patterns in brazilian cocoa farms. *Biotropica* 26(1): 73-83.
- Matteucci, S.D. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía no. 22. Serie de Biología. OEA. Washington, D.C. 163 p.
- Méndez, J.C. y Benoit-Cattin, M. 1994. Intensificación de la caficultura de los pequeños productores de Guatemala. Una tipología. *Café Cacao Thé* 38(2): 125-133.
- Morrison, D.F. 1976. Multivariate statistical methods. McGraw-Hill. New York. 413 p.
- Mussak, M.F. y Laarman, J.G. 1989. Farmers' production of timber trees in the cacao-coffee region of coastal Ecuador. *Agroforestry Systems* 9: 155-170.
- Njoroge, J.M. y Kimenia, J.K. 1993. Current intercropping observations and future trends in arabica coffee, Kenya. *Outlook on Agriculture* 22(1): 43-48.

- Nyoro, J.K. y Roe, J.D.M. 1986. Economics of agricultural production on smallholder coffee farms in Kenya. *Kenya Coffee* 51(596): 137-153.
- Oduol, P.A. y Aluma, J.R.W. 1990. The banana (*Musa* spp.) - Coffee robusta: traditional agroforestry system of Uganda. *Agroforestry Systems* 11: 213-226.
- Pla, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Colección de Monografías Científicas No. 27. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 95 p.
- Peck, R.B. y Bishop, J.P. 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.I.; Greenberg, R. y Voort, M.E. Van der. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8):598-608.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons. New York. 165 p.
- Pielou, E.C. 1977. Mathematical ecology. John Wiley & Sons. New York. 385 p.
- Pielou, E.C. 1984. The interpretation of ecological data. John Wiley & Sons. New York. 263 p.
- Pimm, S.L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature* 307: 321-326.
- Rao, H.H. 1975. Diversification in coffee. *Indian Coffee* 39(1):16-18.
- Rao, H.H. 1978. Diversification farm, Chethalli. *Indian Coffee* 42(1): 11-15.
- Rijckevorsel, J.L.A. van y Leeuw, J. de. 1988. Component and correspondence analysis. John Wiley & Sons. Chichester, Gran Bretaña. 146 p.
- Roth, D.S.; Perfecto, I. y Rathcke, B. 1994. The effects of management systems on ground-foraging ant diversity in Costa Rica. *Ecological Applications* 4(3):423-436.
- SAS Institute Inc. 1987. SAS/STAT™ guide for personal computers, version 6 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1028 p.
- Setty, H.T.R. 1979. Diversification in coffee: Chikmagalur. *Indian coffee* 43(10): 299-301.

- Somarriba, E. 1990. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. *Agroforestry Systems* 10: 253-263.
- Somarriba, E. 1993. Cacao-plátano-madera: la diversificación agroforestal como herramienta para manejar variabilidad en precios de productos agrícolas. In: Salazar, R. (ed.). Memorias de la Semana Científica, 8-10 Dic, 1993. V1. p. 51.
- Somarriba, E. y Beer, J. 1987. Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 18: 113-126.
- Tangley, L. 1996. The case of the missing migrants. *Science* 274:1299-1300.
- Thiollay, J.M. 1995. The role of traditional agroforests in the conservation of rain forest bird diversity in Sumatra. *Conservation Biology* 9(2):335-353.
- Trejos, S. y Platen, H. von. 1995. Sombras maderables para cacaotales: aspectos económicos. Serie Técnica, Informe Técnico #266. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 47 p.
- Villatoro P., R.M. 1986. Caracterización del sistema agroforestal café-especies arbóreas en la cuenca del Río Achiguate, Guatemala. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 153 p.
- Ward, J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236-244.
- Weaver, P.L. y Birdsey, A. 1986. Tree succession and management opportunities in coffee shade stands. *Turrialba* 36(1): 47-58.

8. ANEXOS

Anexo 1a. Formato de recolección de la información

NOTA: Algunos espacios y los cuadros se encuentran de menor tamaño que en el original para efectos de presentación en este anexo

I. UBICACION

1. FINCA No. _____
2. FECHA (DDMMAA): _____
3. NOMBRE DEL PROPIETARIO: _____
4. COMUNIDAD _____
5. DISTRITO _____
6. CANTON _____
7. PROVINCIA _____
8. PAIS _____

II. LA FAMILIA

9. COMPOSICION Y MANO DE OBRA FAMILIAR

MIEMBRO	EDAD	SEXO	OCUPACION	#MTFF

#MTFF: NUMERO DE MESES QUE TRABAJA FUERA DE LA FINCA

III. LA FINCA

10. ¿CUANTAS FINCAS TIENE? _____

11. USO DE LA TIERRA, VALORACION DE LA IMPORTANCIA SEGUN FINQUERO

FINCA #	USO TIERRA	AREA (ha)	IMPORTANCIA

12. PROBLEMAS: 1) VIENTO 2) NUBOSIDAD 3) SEQUIA
 4) EXCESO LLUVIA 5) FRIO 6) TOPOGRAFIA

13. MESES SECOS (VERANO): _____

14. ESQUEMA DE LA FINCA

IV. EL CAFETAL

15. DETALLES SOBRE CAFETALES

TIPO DE SOMBRA	AREA	EDAD	VARIEDADES

16. DATOS DE LA PARCELA DE MUESTREO

16.1. GPS _____

16.3. PENDIENTE _____

16.2. ALTITUD _____

16.4. PEDREGOSIDAD _____

17. TIPO DE PODA _____

18. PRODUCCION DE CAFÉ _____

19. PRECIO POR CAJUELA _____

20. PRECIO DE LIQUIDACION _____

21. RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ARBOLES DE SOMBRA (1000 m²)

ARBOL	USO	ABUNDANCIA

Anexo 1b. Descripción de las variables

I. UBICACIÓN DE LA FINCA

Número de finquero (FINQUERO). Es simplemente una variable de identificación. Lleva un orden cronológico de acuerdo al momento de hacer la entrevista.

Fecha (FECHA). Se anota la fecha del primer día de la entrevista (si es que ésta dura más de un día). Su formato es DDMMAA.

Nombre del propietario (OWNER).

Comunidad (COMMUNITY).

Distrito (DISTRITO).

Cantón (CANTON).

Provincia (PROVINCE).

País (PAIS).

II. LA FAMILIA

Composición y mano de obra familiar. Consiste de un cuadro en el que se anota la edad (EDAD), el sexo (SEXO), la ocupación (OCUP) y el número de meses de trabajo fuera de la finca (NUMMTFF) de cada uno de los miembros (MIEMBRO) del hogar.

III. LA FINCA

Número de fincas (NUMFINCA). Se anota el número de fincas de cada productor.

Uso de la tierra y valoración de la importancia según el finquero. Para cada finca (FINCA) de cada finquero se anota en un cuadro la superficie (AREA) que ocupa cada uso de la tierra (USOTIERA: cafetal, potrero, solar, agricultura, etc.) y a cada uso de la tierra se le asigna un índice de la importancia (IMPORT) de acuerdo a la valoración del finquero. Este índice es una variable ordinal en la que al uso de la tierra más importante le corresponde el número 1 y aumenta conforme disminuye la importancia.

Problemas (PROBLEMAS). Esta variable consta de siete opciones: viento (VIENTO), nubosidad (NUBES), sequía (SEQUIA), exceso de lluvia (LLUVIA), frío (FRIO), calor (CALOR) y topografía (RELIEVE). Se evalúa, preguntando al finquero, si los seis factores anteriores representan un *problema* para la producción de café. La respuesta es de tipo categórico: *sí* o *no*. El valor de PROBLEMAS es el promedio de los valores de las siete opciones.

Número de meses secos (VERANO). Se anota el número de meses que normalmente son secos y se indica cuáles son (esto ayuda a entender el manejo de la sombra y del café).

Croquis de la finca. Con ayuda del finquero y durante el recorrido por la finca se hace un esquema de la finca resaltando las distintas actividades productivas. En el cafetal deben diferenciarse las zonas que tienen distintos tipos de sombra.

Producción de café (PRODTOT). Es la producción total de café en la finca. Se mide en fanegas.

Precio por cajuela (CAJUELA). Es el precio en colones que paga el finquero por cada cajuela de café cosechado.

Precio de liquidación (LIQUIDAC). Es el precio pagado al productor por fanega entregada. Se mide en colones.

IV. EL CAFETAL

Detalles sobre cafetales. Consiste de un cuadro en el que se anotan los distintos tipos de cafetales en la finca, el área (AREA) que ocupan y la edad (EDAD) y las variedades (VARIEDAD) de café. El área mínima por tipo es 1 ha.

Datos de la parcela de muestreo.

Latitud (LATITUD) y longitud (LONGITUD). Se anotan las coordenadas medidas con un GPS.

Altitud (ALTITUD). Se mide en metros sobre el nivel de mar con un altímetro.

Pendiente (PENDIENTE). Se mide en porcentaje con un clinómetro.

Pedregosidad (PEDREGOS). Se determina mediante una estimación del porcentaje de la superficie del suelo que tiene piedras.

Tipo de poda (TIPOPODA). Se refiere al tipo de poda del café que se emplea en la finca (si es por rama, por calle, en lote, etc.).

Riqueza (RICHNESS) y abundancia (ABUNDANC) de árboles de sombra. En cada parcela (PARCELA) se cuenta el número de árboles que pertenecen a cada tipo de sombra.

Estimación de la población de café (POBLACIO). En el centro de la parcela se cuentan las plantas de café que hay en cuatro hileras (dos a cada lado del centro) en una longitud de 10 m. El ancho es el de las cuatro hileras de café.

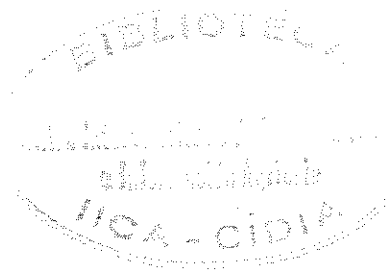
Descripción de los doseles de sombra. Consiste en una descripción verbal de la composición, manejo y otros aspectos de los árboles empleados para dar sombra al café.

Estimación del porcentaje de sombra actual (SOMBRA). Se mide utilizando un densiómetro. Se deben tomar por lo menos cuatro lecturas en diferentes sitios dentro de la parcela que sean representativos de los diferentes niveles de sombra.

V. MANEJO AGRONOMICO Y COSTOS

Calendario de actividades. Consiste de un cuadro en el que se anotan los meses en los cuales se realizan las principales actividades del manejo del cafetal. Estas actividades pueden incluir: limpias, fertilización, descumbra, poda, deshija, atomizos, cosecha, etc.

Costos de manejo. Es otro cuadro en el que se consigna la frecuencia (FRECUENC) con la que se realiza cada actividad (ACTIVITY) en el año. Asimismo, se establecen la cantidad (CANTIDAD), las unidades (UNIDADES) y el precio (PRECIO) de los insumos y mano de obra (INSUMO) utilizados.



Anexo 2. Descripción de las bases de datos

Base de datos de la familia (FAMILDAT)

FINQUERO

MIEMBRO

EDAD

SEXO

OCUP

NUMMTFF

NUMPVF. Número de personas que viven en la finca.

Base de datos de la finca (FINCADAT)

FINQUERO

FINCA

USOTIERA

AREA

FINCASUP. Superficie de la finca (hectáreas).

CAFESUP. Superficie del cafetal (hectáreas).

COFFEE. Porcentaje de café dentro de la finca = $CAFESUP * 100 / FINCASUP$.

IMPORT

NUMUSOS. Es el número de usos de tierra distintos en cada finca.

Base de datos del cafetal (CAFEDAT)

FINQUERO

FINCA

PARCELA

TIPOSOM. Es un número de identificación para cada tipo de sombra: 1 = poró, 2 = laurel, 3 = musáceas, 4 = macadamia, 5 = sombra mixta.

DS1, DS2, DS3, DS4. Lecturas de densidad de sombra medidas con el densiómetro.

SOMBRA. Porcentaje de sombra = $(DS1 + DS2 + DS3 + DS4) * 100 / 384$.

AREA

EDAD. Del café.

VARIEDAD. Del café.

RENDIM. Rendimiento del café (fanegas/ha).

PRODTOT.

APARCELA. Area de la parcela para estimar población de café. Es variable de cafetal a cafetal ya que sus dimensiones son 10 m de largo y de ancho lo que midan cuatro hileras.

NUMCAFE. Número de cafetos en la parcela.

POBLACIO. Población de cafetos por hectárea = $NUMCAFE * 10000 / APARCELA$.

Base de datos de los componentes de sombra (ARBOLDAT)

FINQUERO

FINCA

PARCELA

ARBOL. Nombre común del componente de sombra.

USO. Uso del componente: sombra, maderable, frutal, musácea, cítrico, leña, etc.

ABUNDANC. Número de individuos de cada componente en la parcela de 1000 m².

Base de datos de las actividades de manejo (ACTIVDAT)

FINQUERO

FINCA

ACTIVITY.

ENE, FEB, MAR, ABR, MAY, JUN, JUL, AGO, SEPT, OCT, NOV, DIC. Para cada actividad se marca con una X los meses en que se realiza.

Base de datos de los costos (COSTODAT)

FINQUERO

FINCA

SUPERFICIE. Area en la cual se realiza la actividad.

ACTIVITY.

FRECUENC. Número de veces que la actividad se realiza al año

INSUMO. Nombre del insumo utilizado (incluye mano de obra).

UNIDADES. Unidades de medición del insumo.

CANTIDAD. Cantidad de insumo utilizada por unidad.

PRECIO. Precio en colones. Se investigan todos los precios de los insumos en una misma fecha en alguna casa comercial, no directamente con los finqueros.

COSTOTOT. Es el costo total de cada insumo utilizado en cada finca = SUPERFICIE * FRECUENC * CANTIDAD * PRECIO.

COSTOHA. Es el costo por hectárea de cada insumo utilizado en la finca = FRECUENC * CANTIDAD * PRECIO.

VALORMO. Es el valor total (en colones) de la mano de obra en la finca. Se obtiene sumando los COSTOTOT cuando INSUMO = mano de obra.

MOHA. Es el valor (en colones) de la mano de obra por hectárea. Se obtiene sumando los COSTOHA cuando INSUMO = mano de obra.

VALORINS. Es el valor total (en colones) de los insumos en la finca. Se obtiene sumando los COSTOTOT para todos los insumos (a excepción de la mano de obra).

INSHA. Es el valor (en colones) de los insumos por hectárea. Se obtiene sumando los COSTOHA para todos los insumos (a excepción de la mano de obra).

CANTIFER. Cantidad de fertilizante (quintales por hectárea).

COSTOFER. Costo del fertilizante (colones por hectárea).

COSTOATO. Costo de los fungicidas y fertilizantes foliares (colones por hectárea).

COSTOHER. Costo de los herbicidas (colones por hectárea).

Base de datos de los índices de diversidad (DIVERIND)

FINQUERO

SHANNON. Índice de Shannon-Wiener.

MARGALEF. Índice de Margalef.

EVENNESS. Índice de Uniformidad de Shannon.

DOMINANCE. Índice de dominancia de Simpson.

SIMPSON. Índice de diversidad de Simpson. Es el recíproco del anterior.

ABUNDANC.

RICHNESS.

Anexo 3. Estadísticas descriptivas de las variables cuantitativas

Variable	Media	Desviación estándar	Coficiente de variación	Mediana	Rango	Q3-Q1	Skewness	Kurtosis
Edad	51	12.6	24.6	49	46	13	0.87	-0.06
Fincasup	43	123.2	284.6	5	649.825	11.6	4.61	22.76
Cafesup	14	26.0	187.1	5	117.825	8.5	3.22	10.61
Coffee	68	29.6	43.5	77	81.85	59.68	-0.31	-1.46
Verano	2	1.2	55.1	2	4	1	-0.62	-0.14
Altitud	815	207.9	25.5	750	725	380	0.51	-1.11
Pendiente	21	9.8	46.5	20	39	15	-0.11	-0.64
Pedregosidad	12	9.5	79.8	10	30	15	0.72	-0.31
Población	4663	1411.5	30.3	4532	7154	1559	0.48	1.43
Sombra	25	15.7	62.2	27	52.08	29.29	-0.02	-1.12
Rendimiento	33	15.5	47.3	31	59.65	22.86	0.38	-0.34
Costo/ha	396562	145262.7	36.6	409695	572549	218815	-0.04	-0.63
Ingreso/ha	406798	235928.6	58.0	431493	1046173	351201	0.42	0.28
Relación B/C	2	0.4	22.0	2	1.7121	0.6104	-0.57	-0.20
Rendimiento	33	15.5	47.3	31	59.65	22.86	0.38	-0.34
Cantifer	933	510.1	54.7	925	2142.9	607.1	0.49	0.85
Costofer	54862	26512.4	48.3	53956	98810.9	33700	-0.35	-0.37
Costoato	8762	10358.2	118.2	5246	43000	15255	1.53	2.76
Costoher	19648	15985.2	81.4	13154	64608.5	23227.5	1.24	1.28
Abundancia	387	245.8	63.5	350	1260	168	2.66	9.39
Riqueza	2	1.2	59.1	2	4	2	1.12	0.49

Anexo 4. Abundancias de los componentes de sombra en 29 fincas de Turrialba

Finca	Sombra	Maderables	Frutales	Musáceas	Cítricos	Plantación	Otros
1	170	180	0	0	0	0	0
2	263	0	117	171	29	0	0
3	270	0	0	0	0	0	0
4	360	90	0	0	0	0	0
5	230	10	20	0	20	0	0
6	490	0	0	0	0	0	0
7	210	10	0	180	0	0	0
8	570	0	0	210	0	610	0
9	324	84	0	0	0	0	0
10	320	30	0	0	15	0	0
11	0	0	0	0	0	130	0
12	280	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	240	0
14	190	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	200	0
16	100	0	20	130	80	0	30
17	130	0	0	120	0	0	0
18	300	340	0	0	0	0	0
19	302	82	0	0	0	0	0
21	229	0	0	164	0	0	0
22	180	0	0	0	0	0	0
23	100	0	0	160	0	0	0
24	0	0	0	210	0	0	0
25	265	0	0	52	0	38	0
26	460	0	0	280	0	0	0
27	240	0	0	0	0	0	0
28	0	330	0	0	0	0	0
29	230	190	80	140	20	0	0

Anexo 5. Índices de diversidad para 29 fincas de Turrialba

Finca	Índice de					Abundancia	Riqueza
	Shannon-Wiener	Margalef	Uniformidad	Dominancia de Simpson	Diversidad de Simpson (1 / Dominancia)		
1	0.693	0.171	0.999	0.500	1.998	350	2
2	1.191	0.471	0.859	0.336	2.979	580	4
3	0	0	1	1	1	270	1
4	0.500	0.164	0.722	0.680	1.471	450	2
5	0.658	0.532	0.474	0.686	1.457	280	4
6	0	0	1	1	1	490	1
7	0.790	0.334	0.719	0.479	2.089	400	3
8	1.013	0.276	0.922	0.384	2.607	1390	3
9	0.508	0.166	0.734	0.673	1.486	408	2
10	0.452	0.339	0.411	0.777	1.287	365	3
11	0	0	1	1	1	130	1
12	0	0	1	1	1	280	1
13	0	0	1	1	1	240	1
14	0	0	1	1	1	190	1
15	0	0	1	1	1	200	1
16	1.426	0.680	0.886	0.267	3.746	360	5
17	0.692	0.181	0.999	0.501	1.997	250	2
18	0.691	0.155	0.997	0.502	1.992	640	2
19	0.519	0.168	0.748	0.664	1.506	384	2
20	0	0	1	1	1	200	1
21	0.679	0.167	0.980	0.514	1.947	393	2
22	0	0	1	1	1	180	1
23	0.666	0.180	0.961	0.527	1.899	260	2
24	0	0	1	1	1	210	1
25	0.739	0.341	0.673	0.590	1.694	355	3
26	0.663	0.151	0.957	0.530	1.888	740	2
27	0	0	1	1	1	240	1
28	0	0	1	1	1	330	1
29	1.416	0.616	0.880	0.265	3.775	660	5

Anexo 6. Estructura canónica total de las variables canónicas (CANi) en los tres procedimientos utilizados

Procedimiento Variable	1				2			3		
	CAN1	CAN2	CAN3	CAN4	CAN1	CAN2	CAN3	CAN1	CAN2	CAN3
Edad	0.03	0.40	-0.040	-0.09	0.34	0.44	0.50			
NUMMTFF	-0.002	-0.20	0.08	-0.10	0.33	0.29	-0.01			
NUMPVF	0.22	0.12	0.23	0.50	-0.36	-0.33	0.21			
NUMFINCA	-0.05	-0.31	0.070	0.15	0.20	-0.23	-0.47	-0.22	-0.01	0.01
NUMACTIV	-0.13	0.19	-0.12	-0.06	0.69	0.08	-0.26			
VERANO	-0.12	-0.03	-0.01	-0.10	-0.10	0.07	-0.002	-0.24	-0.09	-0.67
Abundancia	0.35	0.40	0.18	-0.003	-0.08	0.24	0.29	0.45	0.32	-0.18
Riqueza	0.64	0.62	0.11	-0.13	-0.12	0.50	0.36	0.89	-0.08	0.07
CAFESUP	-0.10	-0.47	0.15	-0.08	0.41	-0.02	-0.63	-0.20	-0.14	-0.04
CAFÉ%	0.14	0.30	0.03	-0.02	-0.46	0.06	0.28	0.34	-0.11	0.08
SOMBRA	-0.07	0.42	-0.52	-0.44	-0.17	0.25	0.33			
Altitud	0.30	-0.31	-0.20	0.37	0.29	-0.26	-0.10			
Pendiente	0.01	-0.06	0.54	-0.31	0.28	0.10	-0.26	-0.07	-0.14	0.42
Pedregosidad	0.07	-0.11	-0.19	0.16	-0.25	0.27	-0.38			
POBLACION	-0.09	-0.04	0.32	0.25	0.32	0.04	-0.05			
Costo ha ⁻¹	-0.24	-0.07	0.05	0.17	0.05	-0.83	0.05	-0.38	0.74	0.37
Ingreso ha ⁻¹	-0.25	0.09	-0.02	0.28	-0.18	-0.60	0.14	-0.34	0.45	0.56
Rendimiento	-0.21	-0.03	0.05	0.33	-0.19	-0.75	0.18	-0.37	0.57	0.50
CANTIFER	-0.15	-0.09	0.02	0.23	0.66	-0.42	0.29	-0.11	0.78	-0.15
COSTOFER	-0.22	-0.20	-0.03	0.25	0.48	-0.60	0.01	-0.35	0.78	-0.15
COSTOFUN	-0.22	-0.50	0.02	-0.17	0.17	-0.44	-0.30			
COSTOHER	-0.29	-0.31	0.12	-0.28	0.21	-0.24	-0.47			
UNIFOR	-0.12	-0.52	-0.25	0.09	0.21	-0.22	-0.17	-0.25	0.16	0.35
Problemas	0.06	0.16	-0.03	0.33	0.36	-0.21	0.15			

NUMMTFF: Número de meses de trabajo fuera de la finca; NUMPVF: Número de familiares que viven en la finca; NUMFINCA: Número de fincas; NUMACTIV: Número de actividades productivas en la finca; VERANO: Número de meses de verano; CAFESUP: Superficie de café (ha); CAFÉ%: % de la superficie de la finca que está ocupada por café; SOMBRA: % de Sombra; POBLACION: Plantas de café ha⁻¹; CANTIFER: Cantidad de fertilizante (kg/ha/año); COSTOFER: Costo de fertilizante (¢/ha/año); COSTOFUN: Costo de fungicidas (¢/ha/año); COSTOHER: Costo de herbicidas (¢/ha/año); UNIFOR: Índice de uniformidad.

Anexo 7. Valores propios de los componentes y proporción de la variabilidad explicada por cada uno

Componente	Valor propio	Diferencia	Proporción	Proporción Acumulada
1	4.97	1.51	0.21	0.21
2	3.46	1.16	0.14	0.35
3	2.30	0.17	0.10	0.45
4	2.14	0.53	0.09	0.54
5	1.61	0.03	0.07	0.60
6	1.58	0.09	0.07	0.67
7	1.49	0.26	0.06	0.73
8	1.23	0.32	0.05	0.78
9	0.91	0.10	0.04	0.82
10	0.81	0.19	0.03	0.85
11	0.62	0.05	0.03	0.88
12	0.57	0.03	0.02	0.90
13	0.54	0.07	0.02	0.93
14	0.47	0.14	0.02	0.95
15	0.33	0.07	0.01	0.96
16	0.27	0.05	0.01	0.97
17	0.220	0.063	0.009	0.981
18	0.157	0.048	0.007	0.987
19	0.109	0.020	0.005	0.992
20	0.089	0.052	0.004	0.996
21	0.037	0.009	0.002	0.997
22	0.028	0.005	0.001	0.998
23	0.022	0.004	0.001	0.999
24	0.019		0.001	1.000

Anexo 8. Cargas de las variables en cada componente

	COMPONENTE							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Edad	-0.14	-0.13	0.12	-0.02	0.03	0.07	0.04	-0.11
NUMMTFF	-0.15	-0.12	-0.18	0.01	-0.07	-0.02	0.08	-0.02
NUMPVF	0.27	-0.23	0.09	-0.13	0.00	0.13	0.11	-0.18
NUMFINCA	0.12	0.96	0.04	0.05	-0.02	-0.12	-0.02	0.01
NUMACTIV	-0.07	0.21	0.12	0.01	0.20	-0.05	-0.38	0.06
VERANO	-0.08	0.03	-0.09	-0.02	-0.19	-0.06	-0.06	0.92
Abundancia	0.00	-0.15	0.01	-0.10	-0.04	0.95	0.03	-0.05
Riqueza	-0.15	-0.19	-0.19	-0.78	0.06	0.30	0.11	-0.16
CAFESUP	-0.12	0.84	0.06	0.18	0.13	-0.04	-0.18	0.02
CAFÉ%	-0.05	-0.16	-0.17	-0.05	-0.07	0.04	0.88	-0.06
SOMBRA	-0.01	-0.14	-0.11	0.03	-0.01	0.01	-0.02	-0.04
Altitud	0.06	-0.05	0.05	0.11	-0.09	-0.09	-0.11	-0.01
Pendiente	-0.07	0.07	-0.05	-0.02	0.95	-0.03	-0.06	-0.18
Pedregosidad	-0.02	0.20	-0.35	0.09	0.06	-0.16	-0.05	-0.25
POBLACION	0.05	0.15	0.13	0.10	0.03	0.08	0.04	-0.13
Costo ha ⁻¹	0.72	0.14	0.48	0.05	0.11	-0.08	-0.05	-0.11
Ingreso ha ⁻¹	0.98	-0.01	0.04	0.07	-0.04	0.05	-0.04	-0.01
Rendimiento	0.95	0.04	0.12	0.11	-0.07	-0.03	0.02	-0.03
CANTIFER	0.08	0.01	0.91	0.04	-0.05	0.03	-0.16	-0.07
COSTOFER	0.27	0.11	0.86	0.18	0.00	-0.02	-0.03	-0.03
COSTOFUN	0.05	0.01	0.13	0.21	0.11	-0.21	-0.18	-0.01
COSTOHER	0.25	0.53	0.12	0.08	0.42	-0.13	-0.18	-0.01
UNIFOR	0.13	0.10	0.07	0.84	0.04	0.05	0.02	-0.15
Problemas	0.08	-0.01	0.22	0.07	0.08	0.03	0.00	-0.09

NUMMTFF: Número de meses de trabajo fuera de la finca; NUMPVF: Número de familiares que viven en la finca; NUMFINCA: Número de fincas; NUMACTIV: Número de actividades productivas en la finca; VERANO: Número de meses de verano; CAFESUP: Superficie de café (ha); CAFÉ%: % de la superficie de la finca que está ocupada por café; SOMBRA: % de Sombra; POBLACION: Plantas de café ha⁻¹; CANTIFER: Cantidad de fertilizante (kg/ha/año); COSTOFER: Costo de fertilizante (¢/ha/año); COSTOFUN: Costo de fungicidas (¢/ha/año); COSTOHER: Costo de herbicidas (¢/ha/año); UNIFOR: Índice de uniformidad.