

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

**TIPOLOGIAS CAFETALERAS EN EL PACIFICO DE NICARAGUA**

**POR**

**GLENDA BONILLA ZUÑIGA**

**CATIE**

Turrialba, Costa Rica  
**1999**

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA  
ÁREA DE POSGRADO

RECIBIDO

**TIPOLOGÍAS CAFETALERAS EN EL PACÍFICO DE NICARAGUA**

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

*Magister Scientiae*

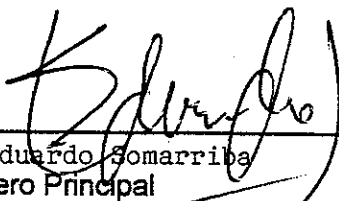
Por  
Glenda Bonilla Zúñiga

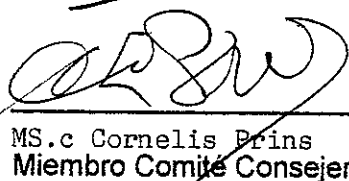
Turrialba, Costa Rica  
1999


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

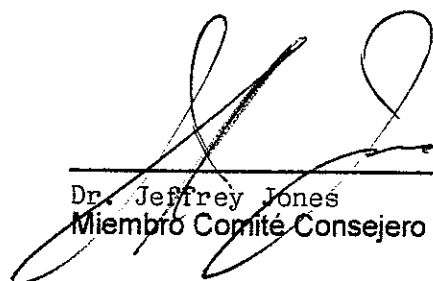
**MAGISTER SCIENTIAE**


**FIRMANTES:**

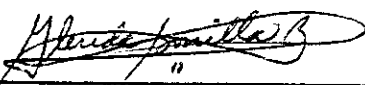
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Eduardo Somarriba  
Consejero Principal

  
\_\_\_\_\_  
MS.c Cornelis Prins  
Miembro Comité Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luko Hilje  
Miembro Comité Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jeffrey Jones  
Miembro Comité Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gilberto Páez  
Director y Decano de la Escuela de Posgrado

  
\_\_\_\_\_  
Glenda Bonilla Zuñiga  
Candidata

## DEDICATORIA

A mis padres Alfonso y Celia, con su amor y enseñanzas han sido siempre un ejemplo para mí.

A los tesoros más grandes de mi vida... Raúl Norberto, Carmen Liliana y Glenda Raquel, quienes me han dado la fortaleza para seguir siempre adelante.

A mis hermanos Norberto, Arlene, Cecilia, Josefina y Aldo, por todo el amor y la solidaridad que existe entre nosotros.

A mi hermana Eva, ejemplo de entrega y decisión... quien debe estar en una estrella en el firmamento.

A todos mis queridos sobrinos.

## AGRADECIMIENTO

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) por permitirme realizar mis estudios.

A DANIDA por financiar mis estudios de Posgrado.

Al Dr. Eduardo Somarriba por su valioso apoyo permanente durante todo el proceso de investigación.

A la Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFE) por la colaboración brindada para que la etapa de campo fuese exitosa.

A los miembros de mi comité asesor por sus valiosos aportes: Dr. Luko Hilje, Dr. Charles Staver, MSc. Cornelis Prins y Dr. Jeffrey Jones.

A Johnny Pérez por su colaboración en los análisis de los datos.

Al personal de la Escuela de Posgrado.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton.

## CONTENIDO

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Contenido.....	v
Resumen.....	vii
Summary.....	ix
Lista de cuadros.....	xi
Lista de figuras.....	xii
Lista de anexos.....	xiii
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Importancia del café en Nicaragua.....	3
2.2 Estudio de la diversidad.....	4
2.3 Diversidad arbórea en cafetales.....	5
2.4 Enfoque tipológico.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Descripción de la región de estudio.....	12
3.2 Componentes de sombra.....	15
3.3 Tipos de cafetales.....	16
3.4 Selección de fincas.....	17
3.5 Variables y mediciones.....	18
3.6 Análisis de la información.....	19
3.6.1 Caracterización de las fincas.....	19
3.6.2 Análisis de las tipologías.....	19
3.6.2.1 Análisis de los tipos de cafetales formados a priori.....	21
3.6.2.2 Análisis de la clasificación a posteriori usando todas las variables.....	22
3.6.2.3 Análisis de la clasificación a posteriori usando variables seleccionadas.....	22
IV. RESULTADOS.....	23
4.1 Caracterización de las fincas.....	23
4.1.1 El Productor.....	23
4.1.2 Las fincas.....	23
4.1.3 El cafetal.....	25
4.1.4 Dosel de sombra.....	27
4.1.4.1 Descripción de las tipologías a priori.....	27
4.1.4.2 Composición y abundancia en el dosel de sombra.....	28
4.1.4.3 Conocimiento de los productores sobre la relación componentes del dosel de sombra-plagas.....	29
4.1.5 Rentabilidad de los cafetales.....	30

4.1.6.Relación entre tipos de cafetales a priori .....	31
4.2 Tipos de cafetales .....	32
4.2.1 Tipos de cafetales formados a priori .....	32
4.2.2 Clasificación a posteriori usando todas las variables .....	33
4.2.3 Clasificación a posteriori usando variables seleccionadas .....	36
4.2.4 Comparación entre la tipología a priori y las obtenidas estadísticamente.....	40
V. DISCUSIÓN .....	41
5.1 Diversidad del dosel de sombra en cafetales .....	41
5.2 Diversificación de la producción en áreas cafetaleras.....	43
5.3 Índices de diversidad .....	44
5.4 Tipologías cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua .....	45
5.5 Importancia de la Biodiversidad en cafetales .....	47
VI. CONCLUSIONES .....	48
VII. RECOMENDACIONES .....	50
VIII. BIBLIOGRAFIA .....	51
IX. ANEXOS .....	55

## BONILLA ZÚÑIGA, G. 1999. TIPOLOGÍAS CAFETALERAS EN EL PACÍFICO DE NICARAGUA.

**Palabras claves:** Café, tipos de sombra, índices de diversidad, análisis multivariado, análisis de componentes principales, análisis discriminante, análisis discriminante canónico.

### RESUMEN

En cafetales de Nicaragua se presenta una diversificación de especies, de estratos verticales y distribución horizontal, de productos y formas de manejar los componentes. La gran variabilidad en la composición botánica y la estructura del componente arbóreo en los cafetales puede observarse no sólo entre cafetales de distintas regiones, sino incluso dentro de ellas mismas reflejándose en la diversidad de las especies arbóreas.

Se estudiaron factores biofísicos y socioeconómicos que pudieron haber influido y en gran medida determinado el diseño y manejo del dosel de sombra en 36 fincas cafetaleras ubicadas en la región del Pacífico de Nicaragua. Se realizó una caracterización de las fincas y un análisis de tipologías.

La metodología se basó en una clasificación *a priori* de los tipos de cafetales predominantes en la zona de estudio. Los tipos de cafetales fueron definidos a partir de la función que ejercen los distintos componentes de sombra. Los tipos de cafetales son: con sólo árboles de sombra, sombra-maderables, sombra-musáceas, sombra-cítricos y sombra mixta. La información recolectada en el campo fue de tipo socioeconómica y biofísica, obtenida mediante entrevistas y establecimiento de parcelas temporales de 1000 m<sup>2</sup> en donde se midió la riqueza y abundancia relativa de las especies para determinar la diversidad en el dosel de sombra.

Se calcularon estadísticas descriptivas de todas las variables biofísicas y socioeconómicas. Por medio de análisis de varianza y tablas de contingencia se estudiaron las diferencias entre los tipos de cafetales formados *a priori*. Las tipologías cafetaleras se analizaron mediante técnicas multivariadas incluyendo análisis de componentes principales, de conglomerados y discriminante. Se utilizaron tres procedimientos: análisis de los tipos de cafetales formados *a priori*; análisis de la clasificación *a posteriori* usando todas las variables y análisis de la clasificación *a posteriori* usando variables seleccionadas.

En el primer procedimiento, la clasificación *a priori* se sometió a análisis discriminante y análisis discriminante canónico para determinar si algunas de las variables biofísicas y socioeconómicas son responsables de la clasificación. Para el segundo y tercer procedimiento, las clasificaciones de las fincas se basaron en las distancias de Gower entre las variables cuantitativas. El segundo procedimiento clasificatorio consistió en un análisis de conglomerados realizado con 26 variables resultando cuatro agrupaciones. Esta clasificación también se sometió al análisis discriminante y discriminante canónico. En el tercer procedimiento clasificatorio se realizó un análisis de correlación para eliminar colinealidad y reducir el número de variables a analizar. Se realizó un análisis de componentes principales para seleccionar las variables que más contribuyen a sintetizar la variabilidad observada en los datos y se seleccionaron los componentes con valores propios



mayores a 1. Mediante el método de rotación varimax se extrajeron las 20 variables que mejor explicaron la formación de los componentes las que fueron empleadas en el análisis de conglomerados para dar una nueva tipología de las fincas que también fue analizada mediante análisis discriminante y canónico discriminante.

El área del cafetal, la altitud, la intensidad del manejo, la importancia de la finca como fuente de ingreso para los productores y la diversidad son factores importantes en la determinación de las tipologías cafetaleras. Factores socioeconómicos inciden en la composición del dosel de sombra en cafetales del Pacífico de Nicaragua. La intensidad del manejo y el área del cafetal tienen una relación inversa con la riqueza y el porcentaje de sombra.

Se identificaron tres tipos de cafetales en el Pacífico de Nicaragua: 1) cafetales con áreas intermedias (6.7 ha), con manejo de bajos insumos; 2) cafetales con áreas pequeñas (2.8 ha), diversificados y manejo de bajos insumos; 3) cafetales con áreas grandes (42.3 ha), poco diversificados y con manejo intensivo.

Las variables biofísicas que mayormente limitan la producción de café son: la poca precipitación e irregular distribución, el viento, las altas temperaturas, el hurto del café durante los períodos de cosecha y los gases que emana el Volcán Santiago que ocasiona la muerte a muchas especies del dosel de sombra en las áreas afectadas y limita el uso de ciertos productos agroquímicos en el cultivo durante algunas épocas del año.

De los procedimientos multivariados empleados, el que mejor resultado brindó, está conformado por un análisis de correlación, análisis de componentes principales para seleccionar variables importantes para el estudio, análisis de conglomerados y análisis discriminante canónico. Se recomienda utilizar este procedimiento para el estudio a realizarse posteriormente en las demás zonas cafetaleras del país.

**BONILLA ZÚÑIGA, G. 1999. COFFEE FARM TYPOLOGIES IN THE PACIFIC REGION OF NICARAGUA.**

**Key words:** Coffee, types of shade, indices of diversity, multivariate analysis, principal components analysis, discriminate analysis, canonical analysis discriminate.

**SUMMARY**

A diversification of species, of vertical strata and horizontal distribution, of products and forms of component management can be found in the coffee fields of Nicaragua. Great variation in the botanical composition and arboreal component structure can be observed not only between coffee fields of different regions, but within them as well, which is reflected in the diversity of the arboreal species.

The biophysical and socioeconomic factors that could have influenced, and to a large extent, determined the design and management of the shade canopy were studied in 36 coffee farm properties located in the Pacific region of Nicaragua. The farms were characterized and an analysis was made of the typologies.

The methodology was based on a classification *a priori* of the prevailing types of coffee fields in the study zone. The types of coffee fields were defined according to the function carried out by different shade components. The types of coffee fields are: with strictly shade trees, with shade - timber trees, shade - banana, shade - citric and mixed shade. The information gathered in the field was of a socioeconomic and biophysical nature, obtained through interviews and temporary sample plots 1000 m<sup>2</sup> in which species richness and relative abundance was measured to determine the diversity in the shade canopy.

Descriptive statistics of all the biophysical and socioeconomic variables were calculated. The differences between the types of coffee fields formed *a priori* were studied by means of variance analysis and tables of contingency. The coffee farm typologies were analyzed through multivariate techniques including principal components analysis, cluster analysis and discriminate analysis. Three procedures were used: analysis of the coffee field types formed *a priori*; analysis of the classification *a posteriori* using all the variables and analysis of the classification *a posteriori* using selected variables.

In the first procedure, the classification *a priori* was submitted to discriminate analysis and canonical discriminate analysis to determine if some of the biophysical and socioeconomic variables were responsible for the classification. For the second and third procedure, the property classifications were based on Gower distances between the quantitative variables. The second classifying procedure consisted of a cluster analysis with 26 variables grouped into four clusters. This classification was also submitted to discriminate analysis and canonical discriminate analysis. In the third classifying procedure, a correlation analysis was carried out to eliminate co-linearity and to reduce the number of variables analyzed. A principal components analysis was carried out to select the variables that contribute more significantly in order to synthesize the variability observed in the data. The components with values greater than 1 were selected. By means of a varimax rotation method, 20 variables were extracted that best explained formation of the components. These were

employed in the cluster analysis to provide a new typology of the farms that were also analyzed through discriminate analysis and canonical discriminate analysis.

Area of the coffee field, altitude, management intensity, importance of the farm as a source of revenue for the producers and diversity are important factors in the determination of the typologies of coffee farms. Socioeconomic factors have an impact on the composition of the shade canopy in coffee fields in the Pacific Region of Nicaragua. The intensity of management and the area of the coffee field have an inverse relationship with species richness and percentage of shade.

Three types of coffee fields were identified in the Pacific Region of Nicaragua: 1) coffee fields of intermediate area (6.7 Ha), with low input management; 2) coffee fields of small area (2.8 Ha), diversified and low input management; 3) coffee fields of large area (42.3 Ha), low diversity and intense management.

The biophysical variables that most limit coffee production are: low precipitation and irregular distribution, wind, high temperatures, theft of coffee during harvesting periods and gases that emanate from the Volcano Santiago that cause the death of many species of the shade canopy in the affected areas and limits the use of certain agrochemical products during some seasons of the year.

Of the multivariate procedures utilized, the best results were given by correlation analysis, principal components analysis to select important variables for the study, cluster analysis and canonical discriminate analysis. The procedures from this study are recommended for similar studies in other zones of coffee farms in Nicaragua.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Cantidad de productores que reportan las principales actividades económicas y su importancia como fuente de ingresos .....	23
Cuadro 2. Número de fincas que indican factores problema para el cultivo del café.....	25
Cuadro 3. Número de fincas por tipos de poda en cafetales del Pacífico de Nicaragua.....	26
Cuadro 4. Número de productores que asocian la presencia de algunas plagas a los componentes de sombra en los cafetales.....	30
Cuadro 5. Tamaño promedio de las fincas y usos de la tierra por tipo de cafetal .....	31
Cuadro 6. Rentabilidad de las fincas por tipo de cafetal en el Pacífico de Nicaragua.....	32
Cuadro 7. Matriz de distancias [ $D^2 (i/j)$ ] entre grupos formados <i>a priori</i> . .....	33
Cuadro 8. Matriz de distancias [ $D^2 (i/j)$ ] entre conglomerados formados con todas las variables. ....	33
Cuadro 9. Análisis discriminante canónico para los agrupamientos (procedimiento con todas las variables).....	34
Cuadro 10. Número de fincas por tipo de cafetal que fueron clasificadas en los cuatro conglomerados (procedimiento con todas las variables).....	36
Cuadro 11. Matriz de distancias [ $D^2 (i/j)$ ] entre conglomerados formados con variables seleccionadas.....	36
Cuadro 12. Análisis discriminante canónico para los conglomerados (tercer procedimiento). ....	37
Cuadro 13. Valores medios de las variables por tipo de cafetal. ....	39
Cuadro 14. Número de fincas por tipo de cafetal en los tres conglomerados producidos con variables seleccionadas. ....	40
Cuadro 15. Comparación entre el número de fincas agrupadas con los dos procedimientos de clasificación.....	40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo agroforestal del agroecosistema cafetalero .....	2
Figura 2. Etapas metodológicas del estudio.....	12
Figura 3. Ubicación de las fincas estudiadas en el Pacífico de Nicaragua por tipo de cafetal. .....	14
Figura 4. Análisis de la información en cada procedimiento.....	20
Figura 5. Representación de las variables canónicas CAN1*CAN2 para la clasificación con todas las variables. ....	35
Figura 6. Representación de las variables canónicas CAN1*CAN2 y los 3 conglomerados formados con variables seleccionadas. ....	38

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de recolección de la información .....	56
Anexo 2. Descripción de las variables en las bases de datos .....	62
Anexo 3. Usos de especies del dosel de sombra en cafetales del Pacífico de Nicaragua.....	65
Anexo 4. Índices de diversidad de 36 fincas cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua.....	66
Anexo 5. Estructura canónica total de las variables (CANi) en los tres procedimientos utilizados.....	67
Anexo 6. Valores propios de los componentes y proporción de la variabilidad explicada por cada uno de ellos.....	68
Anexo 7. Peso de las 26 variables en cada uno de los ocho componente principales.....	69
Anexo 8. Asignación de las fincas en cada una de las tres clasificaciones realizadas.....	70

## I. INTRODUCCION

La agroforestería ha recibido mucha atención en los últimos años, en gran parte por la creencia de que los sistemas agroforestales son más sostenibles que los monocultivos y que se adaptan fácilmente al caso de pequeñas explotaciones agrícolas, donde hay limitaciones socioeconómicas y biofísicas. Existen situaciones en las que la agroforestería podría contribuir a resolver problemas específicos que afecten la sostenibilidad de un monocultivo, por ejemplo cuando la fertilidad está bajando, cuando la erosión aumenta o cuando una plaga o enfermedad aumenta (Beer 1995).

El cafetal es un agroecosistema diversificado a nivel de especies, de estratos verticales, distribución horizontal y temporal, de productos y formas de manejo (Beer 1995). La diversidad en los cafetales ha sido estudiada en Costa Rica (Espinoza 1983; Lagemann y Heuveldop 1983; Rojas 1998; Llanderal 1998), México (Fuentes 1979; Jiménez 1979; Granados y Vera 1995); Venezuela (Escalante *et al.* 1987; Escalante 1997), Guatemala (Leiva y López 1985; Villatoro 1986) y Ecuador (Mussak y Laarman 1989).

La gran variabilidad en la composición botánica y en la estructura del dosel de sombra en los cafetales se observa no sólo entre cafetales de distintas regiones, sino incluso dentro de cada región. Se propone visualizar al cafetal como el modelo de la figura 1. En este modelo, las decisiones de manejo que toma el gerente del cafetal (el productor, el finquero) son influenciadas, y en gran medida determinadas por un conjunto de factores biofísicos y socioeconómicos. El gerente decide sobre el diseño (composición, abundancia y distribución de las especies del dosel de sombra y población de cafetos) y el manejo (niveles de sombra, fertilidad, patógenos costos) del cafetal, para lograr sus objetivos de producción de café y otros productos (madera, frutas, leña), servicios y bienes ambientales que aseguren la sostenibilidad (Somarriba 1998).

Los objetivos de esta investigación fueron: 1) estudiar los factores biofísicos y socioeconómicos que determinan el diseño y manejo del dosel de sombra en los cafetales

del Pacífico de Nicaragua; 2) Caracterizar grupos de productores que presenten similitud en el manejo de sus cafetales.

Este estudio se realizó tomando como referencia la metodología propuesta para el análisis de la diversidad del dosel de sombra en cafetales de América Central (Somarriba y Llanderal 1998). Los resultados obtenidos podrían contribuir a orientar el diseño de programas de investigación, capacitación, transferencia de tecnología y políticas que garanticen la sostenibilidad de la caficultura.

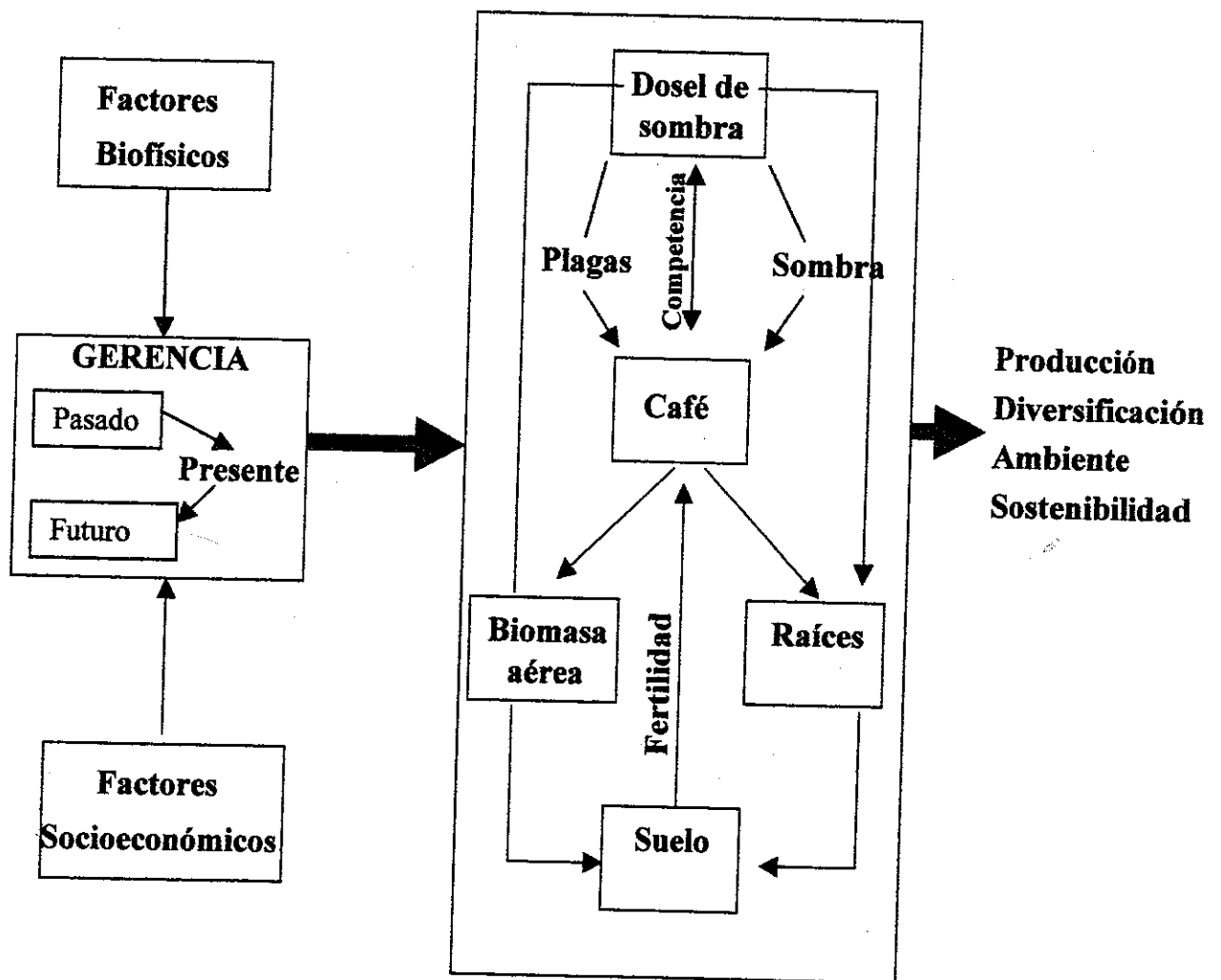


Figura 1. Modelo agroforestal del agroecosistema cafetalero



## **II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Importancia del café en Nicaragua**

Nicaragua posee una economía que depende del sector agropecuario. Diversos estudios demuestran que la dinámica que imprime el sector agropecuario determina el movimiento de la economía en su conjunto (IICA 1990). El café es el rubro de mayor relevancia en la estructura agrícola productiva de Nicaragua; en 1995 constituyó el 4,6% del PIB nacional. En ese mismo año, este producto generó 118,4 millones de dólares; o sea, 23,9% de todas las exportaciones (UNICAFE 1996).

Históricamente, el café ha estado entre los principales productos de exportación en Nicaragua, alcanzando hasta el 40% de los ingresos totales de exportación y superando a otros productos como banano, carne y algodón, que han venido perdiendo importancia, entre otros factores por sus decrecientes precios internacionales y el uso excesivo de insumos externos, a su vez importados y a costos crecientes (UNICAFE 1997).

El país tiene un área establecida de 98.000 hectáreas de café, de las cuales 74.886 ha (76,4%) son productivas, y en fomento agrícola son 23.114 ha (23,6%) correspondientes a renovación y recuperación tecnológica. Del área total establecida, las regiones del país I y VI registran 21.528 y 54.935 ha respectivamente; el área restante está distribuida en las regiones II, III, IV y V (POSAF 1998).

En el Plan de Acción Forestal de Nicaragua (PAFNIC), las zonas más altas del país (aptas para el cultivo del café) aparecen como zonas de potencial para el desarrollo de sistemas agroforestales o agricultura intensiva de cultivos permanentes, lo que viene a reforzar la intención de promover café con sombra de especies arbóreas de buena calidad. Este sistema productivo contribuiría por otra parte a la contención del avance de la frontera agrícola (POSAF 1998).

## 2.2 Estudio de la diversidad

La diversidad es definida como la variabilidad en el número de especies y su abundancia que conforman una comunidad (Pielou 1975). Magurran (1988), afirma que la diversidad puede considerarse un concepto claro que puede ser medido de forma rápida y fácil. Esta se compone de dos elementos, la variación y la abundancia relativa de especies e ilustra cómo el número de especies o riqueza, y su abundancia relativa pueden variar.

La elaboración de modelos teóricos iniciales que indicaban las razones por las que los sistemas ecológicos complejos son más estables que los simples, era muy simplista. 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. La estabilidad local es matemáticamente un concepto claramente definido y la mayoría de estudios teóricos lo examina, exclusivamente (Pimm 1984). El mismo autor afirma que, teóricamente, mientras más especies estén presentes en una comunidad, menores serán sus conexiones para que tal comunidad pueda ser estable, sus poblaciones serán menos elásticas, mayor será el cambio en composición y en biomasa cuando una especie sea removida, así como más larga la persistencia de la composición de especies con ausencia de una remoción.

La diversificación surge por la división de un recurso (tierra, mano de obra o capital) entre diferentes alternativas o tipos de cultivos. La diversificación agrícola es importante desde los puntos de vista: económico, social y ecológico. Gómez (1997), afirma que la diversificación se ha venido desarrollando desde hace varios años atrás, con estudios de especies que puedan asociarse al cafetal y en algunos casos que puedan sustituir al cafetal en áreas marginales con baja rentabilidad. Debido a la creciente necesidad de producir alimentos y en algunos casos a la inestabilidad del mercado internacional del café, ha llevado a la búsqueda de alternativas de producción que satisfagan en cierta medida dicha necesidad, como también generar otros ingresos a través de diversificar la finca.

La diversificación es una manera de manejar variabilidad en el ambiente biofísico o económico, así mismo, se postula que sistemas diversificados se caracterizan por un mayor

grado de estabilidad en uno o varios parámetros indicadores del sistema (Somarriba 1993). Al hablar de diversificación y sus beneficios, Beer (1995) recalca que vale la pena reflexionar sobre las diferentes dimensiones de la diversificación que se logra con la inclusión de árboles de sombra en cafetales. Hay una diversificación de especies; de estratos verticales y distribución horizontal; de productos y de formas de manejar los componentes. Rao (1975) hace alusión al incremento en la producción total por unidad de área.

Como ejemplo de diversidad de árboles en cafetales de Nicaragua, encontramos que las especies preferidas como árboles de sombra son las guabas (*Inga spp*). En menor proporción se utilizan madero negro (*Gliricidia sepium*) y aceituno (*Simarouba glauca*), encontrándose en otras zonas como Jinotega, árboles de poró (*Erythrina fusca*) en algunos cafetales.

En Nicaragua, el manejo deficiente de sombra en cafetales, es uno de los problemas que más afecta los cafetales de pequeños productores, por eso, los técnicos-extensionistas de UNICAFE dedican un tiempo considerable a este tema en las actividades de capacitación y extensión (Galloway y Beer 1997).

La Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFE), como parte importante del sector cafetalero de Nicaragua, tiene definido y ha aprobado el Proyecto de Modelo de la Caficultura del Próximo Siglo (Bolaños 1998). El modelo se basa en una caficultura de cinco pisos teniendo dentro de estos estratos: maderables, musáceas, frutales, forestales energéticas, el cultivo del café plantea que los productores incluyan en sus plantaciones de café el componente forestal maderable y/o la diversificación con árboles frutales, lo que constituye un valioso complemento al sistema de finca.

### **2.3 Diversidad arbórea en cafetales**

Estudios realizados por diferentes autores indican que las condiciones biofísicas y socioeconómicas influyen en la estructura de los cafetales, estando ésta relacionada con el

nivel de sombra y obtención de productos y servicios adicionales del componente arbóreo. Rao (1975) indica que en India, el café es cultivado con varios cultivos comerciales, tanto anuales como perennes, entre los cuales lista la naranja, la mandarina, la pimienta y el banano. En un estudio posterior, se propone una gran diversidad de plantas útiles que podrían ser cultivadas especialmente por finqueros pequeños para evitar la dependencia sobre un cultivo único (Rao, 1978). Estas plantas, además de proporcionar numerosos y diversos productos como frutas, vegetales, medicinas, especias, flores y madera, también cumplen varias funciones dentro de la finca, ya sea como sombra para el café, cercas vivas, coberturas o cultivos intercalados.

Algunos estudios sobre la estructura de los cafetales también se han llevado a cabo en México. En la cuenca cafetalera de Coatepec, Veracruz, se puede observar que se cultiva café a pleno sol, o bien bajo distintas estructuras de árboles de sombra, que van desde una sola especie de árbol de sombra (que cumple sólo una función de servicio), como *Inga jinicuil* o *I. leptoloba*, hasta un dosel arbóreo con estas dos especies más plátano (*Musa* sp.) y naranjo (*Citrus sinensis*). Mediante el estudio de la estructura de los componentes, se logró un entendimiento de la influencia que tiene la densidad y la diversidad de especies en los flujos de agua y nutrimentos, así como la importancia de los árboles de sombra en la incidencia de luz sobre los cafetos y su papel en la aportación de materia orgánica. El manejo de la estructura del cafetal tiene muchas posibilidades para regular el crecimiento, desarrollo y diversidad de las especies herbáceas en el cultivo: en el cafetal a pleno sol la abundancia y cantidad de especies de malezas es mucho mayor que en el café a la sombra, lo que exige realizar la deshierba (Jiménez, 1979).

Por otro lado, en una evaluación de los sistemas de producción de café en México, Fuentes (1979) los clasificó en tres tipos principales: sistema rusticano, sistema tradicional y sistema de plantación. Considerando que el uso racional de los recursos naturales en el trópico se basa en la transformación del más alto porcentaje de energía lumínica en biomasa económicamente aprovechable, el autor propone una caficultura diversificada combinando árboles frutales y de sombra con los cafetos. En este estudio es posible observar que el cultivo del café está determinado por condiciones climáticas y fisiográficas que son

limitantes para una agricultura más intensiva. Asimismo, el sistema tradicional, que es el más difundido en México, es propio de pequeños productores que al carecer de medios económicos y tecnológicos para establecer café en monocultivo, diversifican su cafetal para utilizar los subproductos y excedentes de la finca.

En la región de Córdoba, Veracruz, se encuentra una situación similar en la que las condiciones fisiográficas y socioeconómicas determinan la existencia de cinco tipos de sistemas cafetaleros, que van desde el simplificado hasta el de huertos familiares. Es de notar la gran importancia que tiene el componente arbóreo en los cafetales de esta región ya que más de 50 especies de árboles pueden ser encontradas en los mismos. Estas especies tienen las siguientes funciones dentro del sistema: protección contra el sol y las lluvias, reciclaje de nutrimentos, modificación del microclima, mejor utilización de la energía solar por la estratificación vertical de las plantas, y algunas también mejoran la fertilidad del suelo (Granados y Vera, 1995).

Caracterizando el sistema agroforestal café-especies en una región de Guatemala, Villatoro (1986), encontró que en fincas pequeñas se emplean aproximadamente 20 especies diferentes como parte del dosel de sombra de cafetales, mientras que en fincas mayores de 0.7 ha se presentaron dos especies principalmente, existiendo diferencias en las prácticas silvícolas y agronómicas y en los aspectos económicos.

Espinoza (1983) observó que la densidad de árboles en cafetales, en Acosta-Puriscal, Costa Rica es inversamente proporcional al tamaño de las fincas. Así mismo indica que las pequeñas fincas, presentan diversidad y alta densidad de árboles de sombra. Esta presencia responde a una necesidad que el pequeño agricultor tiene de la fruta. Igual ocurre con la leña, madera y un sinnúmero de otros beneficios laterales aportados por los componentes de la sombra.

En Venezuela, existen diferentes sistemas de producción de café. El más complejo y diversificado es el llamado "tradicional", y es practicado por la mayoría de los pequeños productores. Está caracterizado por bajos rendimientos y por la presencia de un gran

número de frutales, maderables y cultivos que son utilizados como sombra, ya sea temporal o permanente (Escalante et al., 1987). Se identificaron 19 especies utilizadas en este sistema entre las que destacan *Inga* sp., *Erythrina* sp., *Musa* sp., *Citrus sinensis*, *Persea americana* y *Cedrela* sp.

En Ecuador se utilizan hasta 16 especies distintas de árboles como sombra para las plantaciones de cacao y café, entre las que sobresalen por su importancia comercial *Cordia alliodora*. Las otras especies son principalmente árboles de sombra, aunque muchas de ellas han cobrado aceptación para propósitos industriales. Una tercera parte de los finqueros de esta región promueve y protege deliberadamente los árboles con objetivos comerciales (Mussak y Laarman, 1989).

En Costa Rica, Llanderal (1998) reporta que las condiciones socioeconómicas afectan a la composición del dosel de sombra en cafetales y que la intensidad del manejo y tamaño de la explotación presentan una relación inversa con la diversidad y la riqueza del dosel de sombra. Encontró que las fincas pequeñas presentan mayor diversidad en el cafetal que las fincas grandes, no significando que no exista diversificación en las fincas grandes, sino que una estrategia diferente, prefiriendo diversificar a nivel de finca y no dentro del cafetal.

#### **2.4 Enfoque tipológico**

En la caracterización de los cafetales también se ha empleado el enfoque tipológico. Las tipologías son estudiadas mediante el uso de técnicas multivariadas que analizan las relaciones y correspondencias entre las distintas variables estudiadas. Escobar y Berdegúe (1990) proponen las siguientes etapas para este análisis:

1. *Selección de atributos que efectivamente se comporten como variable.* Consiste en el cálculo de los coeficientes de variación de cada una de las variables, para descartar del análisis a las variables que no tengan poder discriminatorio, o que estén correlacionadas

entre sí para reducir la redundancia. Esto con el fin de evitar problemas de multicolinealidad si es que algunas variables están aportando la misma información.

2. *Análisis factorial para reducir la dimensionalidad del problema.* Se puede emplear el análisis factorial de componentes principales, o bien el análisis factorial de correspondencias múltiples. Este análisis nos da información que nos permite estudiar las relaciones existentes entre las variables contenidas en la matriz de datos, entre las observaciones contenidas en la matriz de datos, entre variables y observaciones, e información que permite identificar los fenómenos que determinan la existencia de los distintos tipos.
3. *Análisis de conglomerados.* Se emplean como variables clasificatorias un número reducido de factores principales. Aquí, cada factor principal es una variable sintética construida a partir de las variables originales.
4. *Determinación de los tipos de sistemas de finca.* El análisis de conglomerados da como salida un dendrograma, cada una de cuyas ramificaciones tiene el potencial de ser seleccionada como un tipo de sistema de finca.
5. *Descripción de los tipos seleccionados.* Es una etapa iterativa de la anterior, en la cual se describen los tipos del dendrograma para determinar su identidad o naturaleza. Dependiendo del resultado, se confirma o rechaza dicha selección.
6. *Análisis discriminante para la clasificación a posteriori de nuevas fincas.* Permite calcular la probabilidad de pertenencia de cualquier observación en las clases o tipos determinados según el procedimiento ya descrito.

Un ejemplo de tipología es el realizado por Méndez y Benoit-Cattin (1994). Ellos plantearon que el uso de tecnología por parte de los agricultores está relacionado con la disponibilidad de recursos productivos tales como la tierra y la mano de obra. El ciclo de vida familiar y el ciclo de vida de los cafetales también se incorporaron al análisis, de

acuerdo a lo sugerido para los estudios de la economía campesina y de plantación. Para el análisis de la información de las encuestas usaron el análisis factorial de correspondencias y la clasificación ascendente jerárquica para la determinación de tipos de fincas. Este análisis les permitió identificar seis grupos de caficultores: 1) los capitalizados, 2) los jóvenes, 3) los diversificados, 4) los mayores, 5) los tradicionales y 6) los semi-proletariados. De la discusión de los aspectos técnico-económicos de cada grupo, ellos concluyen que la intensificación de la caficultura de los pequeños productores es el resultado de la combinación de factores económicos y sociales que permiten la especialización de la producción y la acumulación de excedentes.

Para caracterizar zonas cafetaleras en México, Marten y Sancholuz (1981) usaron distintas técnicas multivariadas. Estas técnicas fueron análisis de factores, correlación canónica, análisis discriminante y análisis de conglomerados. Los resultados indican que hay una alta correlación entre algunos de los componentes de manejo, tales como fertilización, podas, chapeas y aplicación de pesticidas. El conjunto de técnicas intensivas, a su vez, está asociado con las grandes plantaciones y los mayores rendimientos de café. Por otro lado, parece ser que no existe una correlación fuerte entre los tipos de suelo y clima con las asociaciones de árboles de sombra y frutales intercalados, excepto cuando las correlaciones se debían a patrones altitudinales. También se notó muy poca relación estadística entre estos factores ecológicos y los rendimientos de café.

En Nicaragua, Mejía (1990), clasificó los niveles tecnológicos mediante un análisis de clasificación automática usando 88 variables relacionadas con los aspectos tecnológicos y económicos. Usando el algoritmo de Ward, que es jerárquico y de tipo aglomerativo, identificó cinco grupos de agricultores con tecnología semejante. A estos grupos los determinaban: la variedad de café, el área total de la finca, el área de café productivo y el uso de agroquímicos. El resultado económico es menos favorable para los grupos más tecnificados, porque a pesar de tener el mayor ingreso bruto y margen bruto, son los que más costos variables y costos de agroquímicos tienen, de allí que resultaran más eficientes los niveles de tecnología más baja. En los aspectos socioeconómicos, los grupos son



afectados por el nivel educativo de los caficultores, los servicios de electricidad y agua potable, y la capacitación recibida en el manejo del cultivo del café.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada comprende la selección de la región a estudiar, a partir de la zonificación cafetalera en Nicaragua. Se identificaron los tipos de cafetales predominantes en la zona, basándose en la función productiva que desempeñan las especies que conforman el dosel de sombra y de esta forma se seleccionaron las fincas. Se realizó una caracterización de estas fincas y posteriormente se realizó un análisis de las tipologías presentes (Fig. 2).

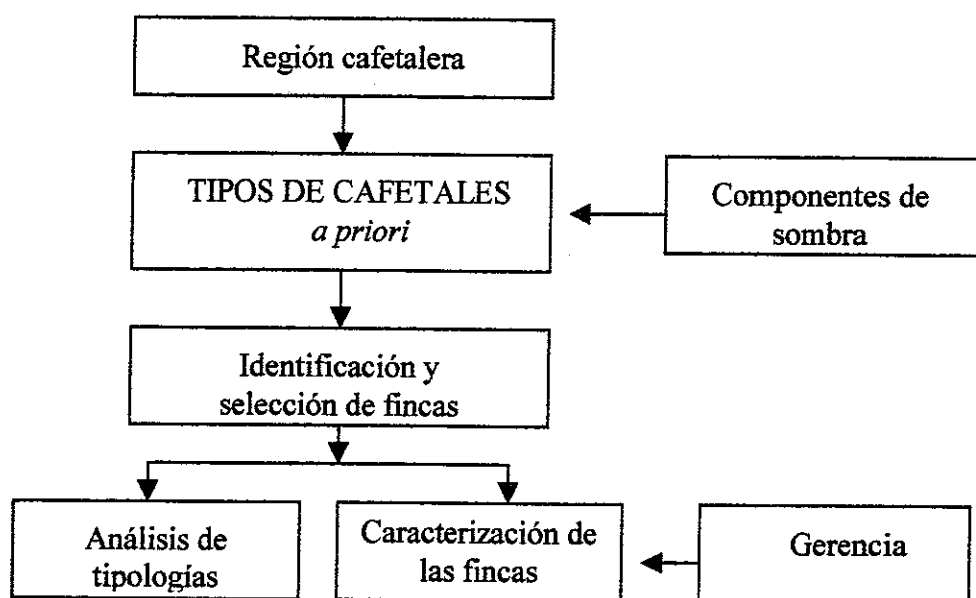


Figura 2. Etapas metodológicas del estudio.

#### 3.1 Descripción de la región de estudio

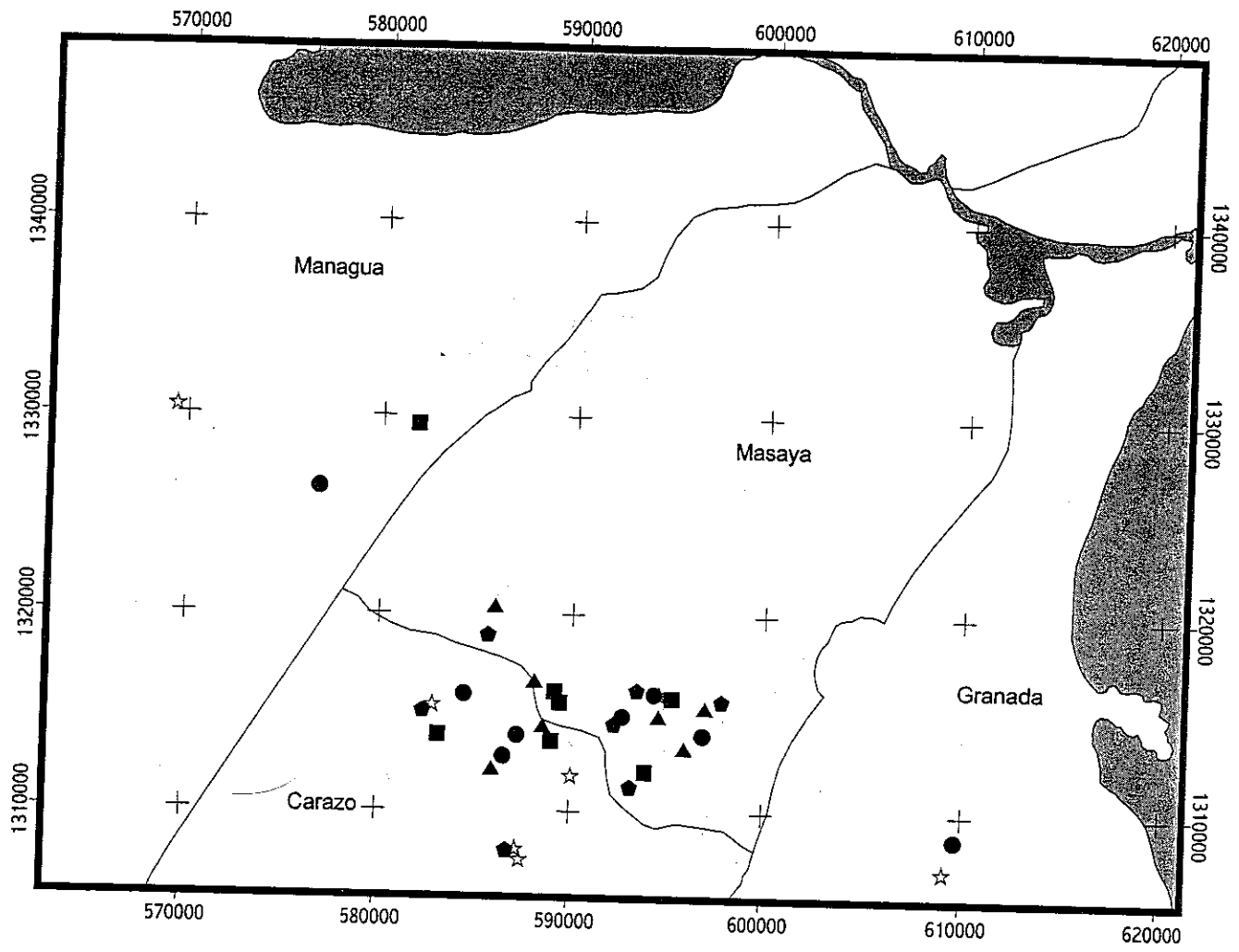
Las zonas de producción cafetalera en Nicaragua se ubican en cinco regiones: Las Segovias (I), Jinotega-Norte (II), Jinotega-Matagalpa (III), Boaco (IV) y Managua-Meseta de Los Pueblos (V) (PANIF 1998).

El estudio se concentró en la Región Cafetalera V y es el inicio de un estudio futuro al nivel de todo el país. Las sub-zonas cafetaleras estudiadas son tres: 1) Masatepe-Mombacho,

ubicada en los departamentos de Masaya y Granada, con un área cafetalera de 4830 ha, topografía plana a ondulada y quebrada en la ladera del volcán Mombacho; 2) Carazo-La Concepción, ubicada en los departamentos de Carazo y Masaya respectivamente, con un área cafetalera de 5882 ha, topografía plana a ondulada y quebrada en el municipio de La Concepción y 3) El Crucero-Las Nubes, ubicada en la parte sur del departamento de Managua, con un área cafetalera de 6644 ha y con una topografía ondulada a quebrada. Los rangos de altitud entre las zonas cafetaleras varían entre los 400 y 900 msnm (UNICAFE 1996).

Se estudiaron 36 fincas en 28 comunidades y 9 municipios en los cuatro departamentos, distribuidas de la siguiente manera: 16 fincas en los municipios de San Marcos, Jinotepe y Diriamba (departamento de Carazo); 15 fincas en los municipios de La Concepción, Masatepe, Niquinohomo y Nandasmo (Masaya); 3 fincas en la zona de El Crucero-Las Nubes, (departamento de Managua) y 2 fincas en la zona del Volcán Mombacho (departamento de Granada) (Fig. 3).

La región en estudio tiene una precipitación media anual entre 1229 y 1585 mm y una temperatura media anual entre 23 y 26.7°C en las diferentes sub-zonas cafetaleras (Salinas 1991). Está ubicada entre las coordenadas 11°49'26" y 12°02'05.3" N y 85°59'34" y 86°21'44.6" O. El estudio de campo se realizó entre marzo y julio de 1999.



Leyenda

- Tipo de cafetales
- Sombra
  - ▲ Sombra - Cítrico
  - ☆ Sombra - Maderables
  - Sombra - Musácea
  - ◆ Sombra mixta

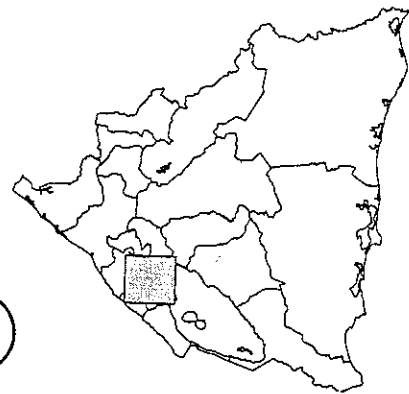


Figura 3. Ubicación de las fincas estudiadas en el Pacífico de Nicaragua por tipo de cafetal.

### 3.2 Componentes de sombra

El criterio para hablar de diseño del dosel de sombra de los cafetales es la función productiva que desempeñan las plantas del dosel, más que un criterio taxonómico. Por lo tanto, se habla de diversidad productiva y no se hace distinción entre un acetuno (*Simarouba glauca*) y un cedro (*Cedrela odorata*) o entre un madero negro (*Gliricidia sepium*) y una guaba (*Inga spp.*), ya que el propósito que tienen dentro del cafetal es el mismo: en el primer caso proporcionar madera y en el segundo dar sombra a los cafetos. Basándose en este criterio se describen los componentes de sombra utilizados en el presente estudio:

**Arboles de sombra.** Muchas veces este tipo de árboles son el principal componente del dosel. Su finalidad principal es proporcionar una sombra de fácil regulación. Este tipo de componente puede proporcionar además de la sombra para el café, un valor ecológico. Se diferencia de los componentes que dan productos para consumo familiar o comercialización.

**Maderables.** En la mayoría de los casos provienen de regeneración natural pero a veces son plantados. Se practica selección, raleo y aprovechamiento de acuerdo a las necesidades del caficultor y del cafetal.

**Musáceas.** Se incluyen diferentes variedades de plátano y banano. En muchos casos, son componentes temporales en el cafetal, por ejemplo, cuando se establecen nuevas plantaciones o cuando se poda o se recepa por lote o se practica una poda muy severa.

**Cítricos.** Especies como naranja, limón y mandarina predominan sobre los demás frutales y tienen mercados más desarrollados.

**Otros frutales.** Incluye a las especies de frutales menos abundantes, con mercados destinados al consumo familiar y a la venta. Ejemplos incluyen aguacate (*Persea*

*americana*), nancite (*Byrsonima crassifolia*), mango (*Mangifera indica*), guayaba (*Psidium guajava*), zapote (*Pouteria zapota*), marañón (*Anacardium occidentale*).

**Leña.** En muchas fincas la leña es la principal fuente energética. Algunas especies de sombra también producen leña.

**Otros componentes.** En el caso de haber algún componente que no se ajuste a las descripciones anteriores, se considera dentro de esta categoría, por ejemplo árboles remanentes del bosque original, palmas.

### 3.3 Tipos de cafetales

Las distintas combinaciones de los “componentes de sombra” dan lugar a diferentes “tipos de cafetales”. Mediante recorridos de campo preliminares y basándose en la experiencia del personal técnico de la Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFE), se identificaron cinco diferentes tipos de sombra, conformando una tipología *a priori* de los cafetales. Los tipos de cafetales identificados fueron:

**Sólo árboles de sombra.** Se encuentran especies como madero negro (*Gliricidia sepium*) y chilamate (*Ficus isophlebia*).

**Árboles de sombra y maderables.** Se combinan los anteriores con especies maderables que pueden presentarse en mayor proporción. Algunos ejemplos de estas especies son: guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*).

**Árboles de sombra y musáceas.** Las musáceas son plantadas en el cafetal para proveer alimento al productor, generar ingresos adicionales, o para la alimentación para la mano de obra que se contrata temporalmente en la finca. Muchas veces se usa como sombra

temporal en cafetales nuevos. Como ejemplo tenemos: plátano, varias especies de bananos y guineos (*Musa* sp.).

**Árboles de sombra y cítricos.** Incluye naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus nobilis*) y limón (*Citrus aurantium*).

**Sombra mixta.** El dosel de sombra está compuesto por una mezcla de numerosas especies, incluyendo frutales como aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*), guayaba (*Psidium guajava*), etc.

### 3.4 Selección de fincas

Las fincas se seleccionaron basándose en los tipos de cafetales definidos *a priori*. La intención de este estudio no fue hacer un muestreo de la población promedio, sino más bien estudiar todos los tipos de cafetales existentes en la región y asegurar así el máximo de variabilidad en la diversidad del dosel de sombra de los cafetales del Pacífico de Nicaragua. Se seleccionaron ocho fincas del tipo de cafetal con “solo árboles de sombra” y siete fincas por cada uno de los cuatro tipos de cafetales descritos anteriormente. Se excluyeron cafetales nuevos y además se utilizaron los siguientes criterios de selección:

- Disposición de colaborar en el presente estudio
- La ocupación primaria del finquero es la finca
- Maneja la finca desde hace más de cinco años.
- Que fuesen inteligentes y que comuniquen bien sus ideas y conocimientos.

La selección de las fincas se realizó en conjunto con el personal técnico de UNICAFE considerando los criterios de selección. Posteriormente se realizaron visitas a las fincas para conversar con los productores y explicarles el objetivo del estudio.

### 3.5 Variables y mediciones

Se hizo un recorrido total de cada finca para conocer su diseño y manejo. Se recolectó la información socioeconómica y biofísica mediante entrevistas y formularios (Anexo 1) y la medición de una parcela temporal de 50 x 20 m.

El formato para la recolección de toda la información está estructurado de una forma que recopila la información referida a la ubicación de la finca, del propietario, de la familia en los casos de que sea ésta la que trabaja en las actividades culturales del café; información de la finca, del cafetal y del manejo agronómico y sus costos.

Se estableció la parcela temporal en un sitio representativo del tipo de cafetal. Debido a la disposición no aleatoria de los árboles en la finca (abundancia de frutales cerca de la casa, maderables en linderos y caminos, cortinas rompevientos en sitios expuestos al viento, regeneración natural, etc.), la parcela se estableció en lugares alejados de los mencionados con el fin de evitar la sobrerepresentatividad de ciertas especies vegetales.

En la parcela temporal se contabilizó la riqueza y la abundancia de las especies presentes en el dosel de sombra, incluyendo solamente árboles con diámetro a la altura del pecho (dap) mayor de 10 cm y tallos adultos de musáceas. En el centro de la parcela se estableció una subparcela de unos 10 metros de largo, alineada conforme a la disposición de las hileras de cafetos (ajustando el largo para asegurar que los límites de la parcela se ubicaran en la mitad de la distancia entre los cafetos de la hilera). El ancho de la subparcela fue conformado por cuatro calles. En esta subparcela se contaron las plantas de café y se calculó la densidad de plantación en el cafetal. Los productores participaron activamente en la recopilación de los datos.

La medición del porcentaje de sombra se realizó en cuatro puntos de la parcela grande, tratando de hacer un muestreo de las distintas zonas de sombra. Se tomaron cuatro lecturas en cada punto empleando un densiómetro esférico (modelo C., densiómetro forestal). Se midió la posición de la finca utilizando un GPS (Garmin, modelo SVRY II) y la pendiente



con un clinómetro (Suunto tipo KB-14/360). El porcentaje de pedregosidad se calculó mediante una estimación del porcentaje de la superficie del suelo que tiene piedras.

### **3.6 Análisis de la información**

La información de campo se digitó en hojas electrónicas Excel en las siguientes bases de datos: 1) ubicación de la finca; 2) el propietario; 3) la finca; 4) el cafetal; 5) manejo agronómico y 6) costos. Se utilizaron los datos de las parcelas temporales para calcular los índices de diversidad de Simpson, de Shannon y de Margalef, el índice de dominancia de Simpson y el índice de uniformidad (Magurran, 1988). Las variables de costos fueron calculadas empleando los precios de venta de cada agroquímico en las casas comerciales, el costo de mano de obra pagado en la finca, la cantidad y frecuencia de cada actividad. Con los datos de costos de producción se calculó la rentabilidad de las fincas. Todas las variables fueron agrupadas por categorías: discretas, nominales, dicotómicas, ordinales y continuas y son descritas en el (Anexo 2). Los análisis estadísticos realizados se describen en los siguientes acápite.

#### **3.6.1 Caracterización de las fincas**

Se calcularon estadísticas descriptivas de todas las variables biofísicas y socioeconómicas. Por medio de análisis de varianza y tablas de contingencia se analizaron las diferencias entre los tipos de cafetales formados *a priori*.

#### **3.6.2 Análisis de las tipologías**

Las tipologías cafetaleras se analizaron mediante los métodos de componentes principales (Pla 1986), conglomerados (Ludwig y Reynolds 1988; Matteuci y Colma 1982; Pielou 1984) y discriminante (Ludwig y Reynolds 1988; SAS 1987). Se utilizaron tres procedimientos: 1) análisis de los tipos de cafetales formados *a priori*; 2) análisis de la clasificación *a posteriori* usando todas las variables y 3) análisis de la clasificación *a posteriori* usando variables seleccionadas (Fig. 4). Se comparó la congruencia entre las

tipologías *a priori* y las obtenidas estadísticamente mediante una prueba de Chi cuadrada ( $X^2$ ).

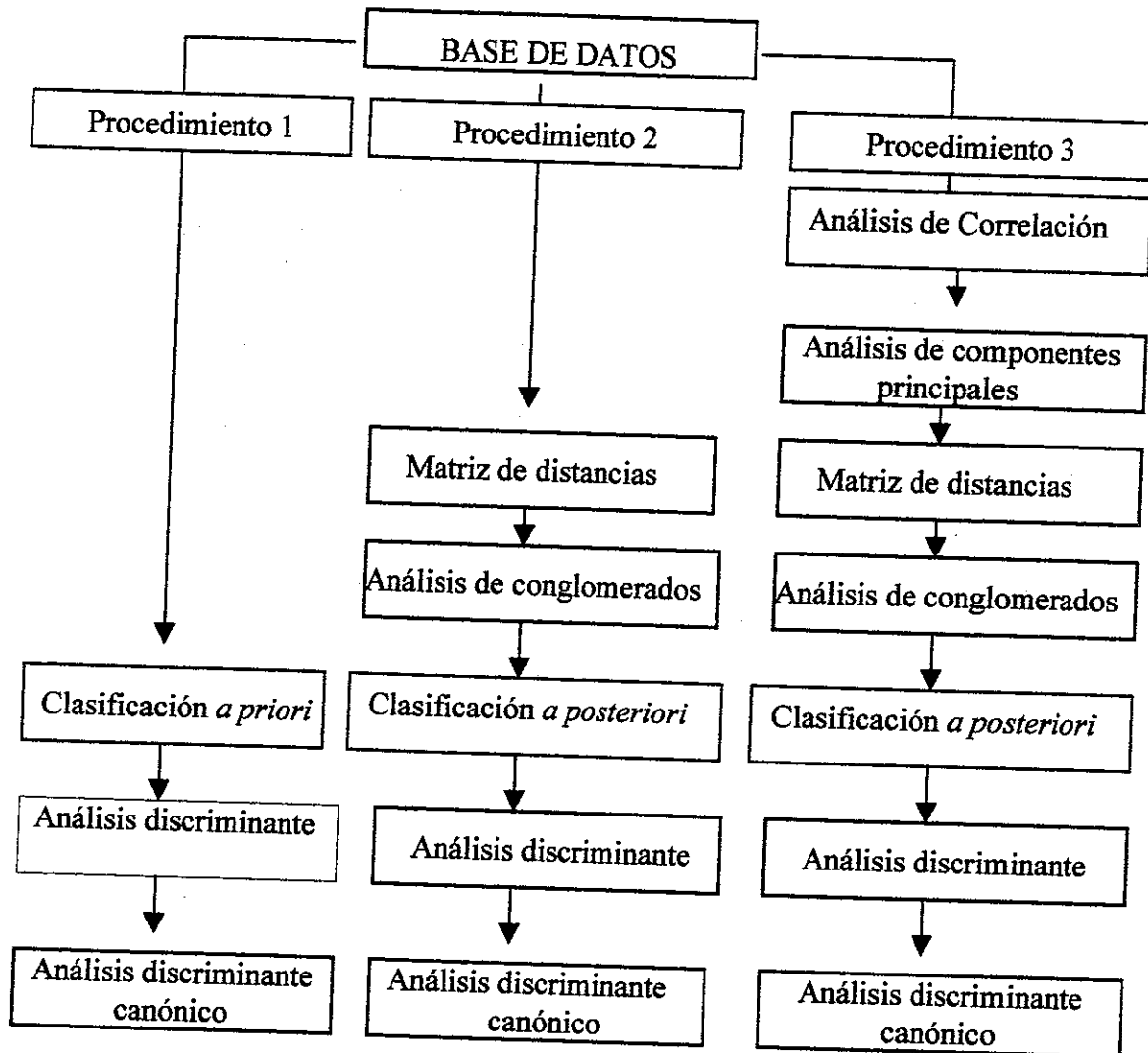


Figura 4. Análisis de la información en cada procedimiento.

### 3.6.2.1 Análisis de los tipos de cafetales formados *a priori*

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 las diferencias entre los cinco tipos de cafetales, con el objetivo de identificar las variables socioeconómicas y biofísicas que explicaban la agrupación *a priori*. Se calculó la distancia generalizada al cuadrado entre tipos de cafetales para ver los tipos que más se asemejaban o diferenciaban entre sí:

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

Donde:

$D^2(i|j)$  = 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  $j$

$p$  = Número de variables en cada finca (26)

La distancia entre cada finca y cada tipo de la clasificación *a priori* se midió como:

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

Donde:

$D_j^2(X)$  = Distancia al cuadrado de la finca  $x$  al tipo de cafetal  $j$

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

Esta distancia se utilizó para calcular la probabilidad *a posteriori*  $\text{Pr}(j|X)$  de que una finca sea clasificada en cualquiera de los  $k$  tipos de cafetales definida *a priori* ( $n=1, \dots, 5$ ), excluyendo la observación correspondiente a la finca a ser clasificada y calculando la función a partir de las otras 35 fincas (clasificación mediante validación cruzada).

$$\text{Pr}(j|X) = \exp(-.5 D_j^2(X)) / \text{SUM}_k \exp(-.5 D_k^2(X)) \dots \dots \dots (3)$$

Por medio del procedimiento CANDISC (SAS Institute Inc., 1987), se derivaron variables canónicas para 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).

### 3.6.2.2 Análisis de la clasificación *a posteriori* usando todas las variables

En el segundo procedimiento se clasificaron las fincas mediante análisis de conglomerados, utilizando las 26 variables cuantitativas y binarias evaluadas en cada finca y consideradas importantes para la caracterización. Se calcularon las distancias  $d(a, b)$  entre cada par de fincas usando la distancia de Gower:

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

La matriz de distancias se utilizó en el análisis de conglomerados realizado mediante el método de varianza mínima de Ward y el procedimiento CLUSTER (SAS Institute Inc. 1987). La prueba de pseudo  $t^2$  se utilizó para determinar el número de conglomerados a formar. Posteriormente se aplicó el análisis discriminante y el análisis discriminante canónico a los conglomerados.

### 3.6.2.3 Análisis de la clasificación *a posteriori* usando variables seleccionadas

Se realizó un análisis de la matriz de correlación para eliminar co-linealidad y reducir el número de variables a analizar. Un criterio para la reducción fue la alta correlación entre pares de variables ( $r > |0.7|$ ), seleccionando las que llegan a caracterizar mejor las fincas. Para el tercer procedimiento se emplearon 20 variables seleccionadas usando el método de componentes principales. Se seleccionaron los primeros componentes que tenían un valor propio mayor a 1 y se identificaron las variables con mayor peso en cada uno de ellos. Se realizó una rotación de ejes de tipo varimax para determinar la importancia del componente de predecir las variables observadas.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Caracterización de las fincas

#### 4.1.1 El Productor

El 61% de las fincas son manejadas directamente por el dueño y el resto por administradores o capataces. La edad promedio de los caficultores es de 53 años, con 25 años de experiencia en el manejo del café. Los administradores o capataces tienen una edad promedio de 46 años y 19 años de experiencia en café.

El 53% de los productores tiene solamente una finca, el 19% tiene dos fincas y los restantes tienen entre tres y cinco. La finca es considerada como la principal fuente de ingresos para el 83% de los caficultores. Cuando se presentan otras fuentes de ingreso (empleo externo, comercio, u otros servicios como consultorías o alquiler de casas), estas son consideradas tan importantes como la finca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de productores que informan las principales actividades económicas y su importancia como fuente de ingresos

Actividades económicas	Importancia		
	1	2	3
Finca	30	6	-
Otras fincas	6	6	-
Comercio	5	4	1
Empleo externo	7	5	1
Servicio	6	4	3

#### 4.1.2 Las fincas

La superficie promedio de la finca es de 37 ha, con variaciones entre 1-352 ha. Esta variable no tiene una distribución normal ya que hay valores extremos que dan una cola pronunciada hacia la derecha de la distribución (Rango=351.05; Q3-Q1=39.43). La mayor

parte de la muestra son fincas pequeñas y por eso la mediana (10 ha) es una medida de tendencia central mejor que el promedio. El área de la finca dedicada al café tiene una mediana de 7 ha.

Se identificaron 13 usos de la tierra, pero el máximo número de usos de la tierra por finca fue de seis, con un mínimo de uno en el caso de fincas dedicadas únicamente al cultivo de café (47% de las fincas). El café es la principal actividad agrícola en 89% de las fincas. Otras actividades importantes incluyen granos básicos, cítricos, granja avícola, potrero y bosques secundarios.

La poca precipitación en la zona y su irregular distribución (verano entre noviembre – mayo con uno a dos meses de diferencia en las subregiones) fue mencionado en el 78% de los entrevistados como el principal problema para el cultivo del café. Otros problemas importantes son el viento, las altas temperaturas, el hurto del café durante los períodos de cosecha y los gases que emana el Volcán Santiago (en el departamento de Masaya).

Los “gases del cerro” tienen una amplia cobertura que ocasiona problemas para el 42% de los productores, ya que matan a varias especies arbóreas y es necesario utilizar sólo unas pocas especies resistentes. Asimismo, mencionan que en ciertas épocas del año, cuando se presentan cambios en la dirección del viento, éstos gases limitan la aplicación de ciertos productos a base de cobre, que generalmente son empleados para el control de enfermedades del café. El 42% de los productores señalan como otros problemas el hecho de que no existe una política de protección de precios para el productor ni financiamiento accesible. Solamente el 6% de los entrevistados considera que no tienen ningún problema (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de fincas que indican factores problema para el cultivo del café.

Factor	Problema en la finca
Sequía	28
Robo	19
Viento	18
Gases volcánicos	15
Calor	15
Otros problemas	15
Suelo	6
Exceso de lluvia	4
Topografía	3
Acceso	0
Nubosidad	0
Frío	0
Sin problemas	2

La broca (*Hypothenemus hampei*) y roya (*Hemileia vastatrix*) constituyen las plagas más importantes para el 94% de los productores. Las plagas mencionadas en tercero y cuarto lugar en importancia son la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*) y minador (*Perileucoptera coffeella*).

#### 4.1.3 El cafetal

Los cafetales están ubicados entre los 425 y 865 metros de altitud (promedio 521 m), en terrenos generalmente planos hasta con 45% de pendiente y pedregosidad menor al 10%. La variedad más usualmente empleada es Caturra, encontrada en el 86% de las fincas; las plantaciones tienen una edad promedio de 14 años. El rendimiento anual varía entre 3 y 32 qq oro ha<sup>-1</sup> con un promedio de 14 qq ha<sup>-1</sup>. La densidad promedio de plantación de cafetos es de 5030 plantas ha<sup>-1</sup> variando entre 2632 y 9231.

El manejo del cafetal incluye 11 labores culturales. El ciclo productivo se inicia con la poda de los cafetales (enero – abril). Existen diferentes sistemas de poda, como la poda por ramas (selectiva), la poda “rock and roll”, el sistema de poda por ciclos y por bloque, los cuales a veces se combinan dentro de una misma finca (Cuadro 3). La poda por ramas es la

más usada en la zona y el 50% de los productores realiza únicamente este tipo; en otras fincas es combinada con sistemas de poda en bloque, cíclica o con poda en "rock and roll". El 8% realiza poda en bloque y el 3% poda cíclica. Solamente el 8% combina tres tipos de poda en la misma finca. En el 5% de los cafetales no se ha realizado esta actividad por ser nuevos, de 1 a 5 años de edad.

Cuadro 3. Número de fincas por tipos de poda en cafetales del Pacífico de Nicaragua.

TIPOS DE PODA	Por ramas	Rock and roll	En bloque	Cíclica	Ramas/Cíclica
Por ramas	18	1	0	0	0
Rock and roll	5	0	0	0	1
En bloque	1	0	3	0	2
Cíclica	2	0	0	1	0

La época para la regulación de sombra es entre febrero y abril, pero en algunos casos en donde emplean madero negro en el dosel de sombra, realizan otra entre agosto y septiembre, para estimular la formación del nuevo tejido que protegerá el cafetal durante los meses más secos. La regulación de sombra en cítricos es más una poda de formación, por ser los frutos una importante fuente de ingreso. Puede haber una o dos deshijas en el año, al mismo tiempo que se hace la poda, o unos tres meses después.

Se realizan tres o cuatro controles de malezas entre los meses de febrero a noviembre, en la mayoría de los casos en forma de chapeas o combinándose con deshierba química. Esta es una labor considerada importante de realizar antes de la fertilización o de la cosecha. El 61% no realizan control químico de malezas.

El 69% de los productores realizan de una a tres fertilizaciones durante el año, entre mayo y noviembre, siendo muy variable entre fincas, ya que en algunos casos las dos primeras fertilizaciones se realizan con fórmula completa (18-6-12-4-2; 12-30-10; 18-46-0) o combinado con urea, y la última fertilización es nitrogenada, aplicada antes de la cosecha. La cantidad promedio de fertilizante edáfico aplicado anualmente al suelo es de 733kg ha<sup>-1</sup>. El 17% de los productores realiza aplicaciones de gallinaza y el 14% de los productores no



fertiliza el café. Se efectúan de 3 a 4 aplicaciones de fertilizante foliar entre los meses de febrero a septiembre combinado con plaguicidas si es necesario.

El 8% de los productores no efectúa control químico de plagas y enfermedades. El graniteo es la recolección de los frutos brocados; esta actividad la realiza el 74% de los productores para reducir las poblaciones de broca que se han desarrollado en los frutos de las floraciones erráticas (denominadas “floraciones locas”).

La resiembra se realiza entre los meses junio y julio. En algunos casos, los productores hacen sus propios viveros en la finca, otros compran las plantas y muy pocos utilizan plantas de la regeneración natural en el cafetal. La cosecha se lleva a cabo entre los meses de noviembre y enero.

#### **4.1.4 Dosel de sombra**

##### **4.1.4.1 Descripción de las tipologías *a priori***

El desarrollo histórico del sector cafetalero ha sido diferente en las distintas regiones del país. En la década de 1980 el desarrollo tecnológico fue enfocado hacia la región del Pacífico mediante un plan de renovación de cafetales (CONARCA) con el fin de controlar la roya (*Hemileia vastatrix*) y a la vez promover una tecnología con alto uso de agroquímicos (Clemens y Simán 1993).

Los doseles de sombra encontrados actualmente en los cafetales de esta región en estudio pueden ser descritos de la siguiente manera: existen unos pocos cafetales manejados con sombra densa generalmente de especies maderables como guanacaste, cedro, algunos árboles de genízaro (*Pithecellobium saman*) y laurel; la variedad de café generalmente empleada es Borbón a bajas densidades de siembra. A estos árboles se les nombra “árboles de montaña”, son antiguos, de grandes dimensiones, árboles remanentes del bosque original, de regeneración natural y que han permanecido en los cafetales. Este tipo de cafetal predominaba antes de la implementación del plan de renovación de cafetales.

Otro tipo de dosel de sombra encontrado es en el que predominan especies de porte más bajo como madero negro y acetuno, encontrándose variedades de café más resistentes al sol, como Caturra, Catrenic y Catuai, con densidades más altas. En otros casos se encontraron doseles de sombra enriquecidos con otras especies maderables, frutales o sombra mixta, en donde también predominan estas variedades de café.

Existe una preferencia de los productores hacia especies maderables, consideradas de alto valor económico y que en la actualidad son menos abundantes como por ejemplo: guanacaste, cedro y laurel. Por esta razón seleccionan las mejores plántulas de la regeneración natural y las dejan como sombra en el cafetal, especialmente en la zona que fue afectada por el plan de renovación de cafetales en el departamento de Carazo, ya que fue aquí en donde fueron eliminadas estas especies de los cafetales. Los dueños de las pocas fincas que no fueron afectadas por esta medida, conservan estas especies como reliquias de sus antepasados.

Los gases del Volcán Santiago afectan directamente los cafetales de la zona de El Crucero (departamento de Managua) y por esta razón predominan especies resistentes tales como Copel (*Amphipterygium adstringens*) y Chilamate (*Ficus isophlebia*). En la zona del Volcán Mombacho predominan cafetales con especies maderables y de sombra, manejadas en diferentes estratos.

#### **4.1.4.2 Composición y abundancia en el dosel de sombra**

Se identificaron 56 especies en el dosel de sombra de los cafetales, de las cuales el 54% aportan sombra al cafetal, el 36% son utilizadas como maderables, 36% como leña y el 32% como frutales. (Anexo 3). El madero negro es la especie que se presenta con mayor frecuencia en las fincas de la región (83%), con una densidad promedio de 64 árboles  $ha^{-1}$ ; las musáceas constituyen el componente más abundante en los cafetales (430 tallos adultos  $ha^{-1}$ ) y se encuentran en el 56% de las fincas. El segundo lugar en abundancia corresponde a los cítricos (121 árboles  $ha^{-1}$ ) en el 42% de las fincas. El cedro, como especie maderable, aparece en el 44% de las fincas, pero en menor abundancia (23 árboles  $ha^{-1}$ ). Los demás

componentes se encuentran con menor frecuencia y con una abundancia mínima. El porcentaje promedio de sombra en los diferentes cafetales fue de 41% variando entre 9 - 69%.

La diversidad del dosel de sombra es baja. La riqueza promedio de especies fue de 7 (Anexo 4), pero varió entre 1 y 12 especies. Como medida de la riqueza se calculó el índice de diversidad de Margalef cuyo valor promedio es de 1.01 y es relativamente bajo. Los índices de Shannon y de Simpson fueron 1.3 y 3.4, respectivamente. El valor promedio del índice de dominancia de Simpson es de 0.4, y es el recíproco del índice de diversidad.

#### **4.1.4.3 Conocimiento de los productores sobre la relación componentes del dosel de sombra-plagas**

Los productores no conocen con certeza si ciertos componentes específicos del dosel de sombra, como musáceas, frutales, maderables, cítricos, “árboles de montaña” o especies utilizadas para leña, aumentan o disminuyen las plagas y enfermedades en el cafetal; 60% respondió no saberlo.

Solamente el 11% de los productores opinaron sobre la incidencia de roya (*Hemileia vastatrix*) y broca (*Hypothenemus hampei*) asociadas a la presencia de alguna especie en el dosel de sombra (Cuadro 4), pero no existe una diferencia significativa entre éstas ( $P=0.556$  y  $P=0.176$ , respectivamente). El 25% afirmaron que la regulación de sombra es determinante para el control de estas plagas, sin importar cuáles especies son las que predominan en el dosel. Asimismo, el 19% afirmó que al introducir musáceas o cítricos como sombra, lo que se presenta es competencia con el cultivo.

Cuadro 4. Número de productores que asocian la presencia de algunas plagas a los componentes de sombra en los cafetales.

Componentes	Broca	Roya	Cochinilla	Áfidos	Gallina ciega	Nemátodo	No sabe
Sombra-leña	4	6	2	0	5	0	18
Cítricos	3	4	7	3	0	0	19
Frutales	3	7	2	2	0	0	19
Maderables	4	4	3	0	0	0	23
Musáceas	2	7	1	0	5	3	17
Arbol de montaña	2	4	0	0	1	0	25

Existe una diferencia estadística significativa entre la presencia de ciertos componentes de sombra y la presencia de cochinilla (*Planococcus citri*), gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), áfido negro (*Toxoptera aurantii*) y nemátodos (*Meloidogyne* sp.) ( $P=0.008$ ;  $P=0.001$ ;  $P=0.037$ ;  $P=0.006$ ), pero no así con otras plagas y enfermedades que afectan los cafetales en la zona de estudio. La afectación de cochinilla en los cafetales es relacionada principalmente con la presencia de cítricos en el dosel de sombra; gallina ciega con musáceas y con ciertas especies que sirven para sombra y leña (guaba, guabillo y copel); áfidos con cítricos y frutales (aguacate y mango), y los nemátodos asociados con la presencia de musáceas.

#### 4.1.5 Rentabilidad de los cafetales

El costo promedio de producción por hectárea fue de \$524, de los cuales un 57% corresponde a mano de obra. El 94% de las fincas contrata un promedio de 63 días-hombre  $ha^{-1}$  para manejar el cultivo, el resto de las fincas utiliza únicamente mano de obra familiar. Del costo por insumos, el 75% corresponde a la compra de fertilizantes. La relación beneficio-costos (B/C) promedio es de 1.9 y el margen bruto promedio \$975  $ha^{-1}$ .

#### 4.1.6. Relación entre tipos de cafetales *a priori*

Los tipos de cafetales definidos *a priori* difieren significativamente en términos de área total de la finca y de cafetal ( $P=0.04$ ;  $P=0.0089$ , respectivamente). Situaciones en donde se emplea un solo componente de sombra y cuando se asocia con especies maderables están presentes en fincas con las mayores superficies. En fincas en donde asocian las especies de sombra con musáceas, son fincas con superficie promedio de 13.93 ha. En estos tres tipos de cafetales es en donde se tienen como promedio tres diferentes usos de la tierra (Cuadro 5). Las fincas que emplean sombra mixta en sus cafetales son las más pequeñas, con promedio de 3.47 ha y realizan en promedio dos actividades agrícolas diferentes asumiendo como un uso de la tierra el área destinada al huerto alrededor de la casa.

Cuadro 5. Tamaño promedio de las fincas y usos de la tierra por tipo de cafetal

Tipo de cafetal	Finca	Número actividades
Sólo árboles de sombra	60.78	3
Árboles de sombra y maderables	92.91	3
Árboles de sombra y musáceas	13.93	3
Árboles de sombra y cítricos	9.56	2
Sombra mixta	3.47	2

Los índices de diversidad de Shannon, Simpson, Margalef, el índice de dominancia de Simpson, el índice de uniformidad y la abundancia resultaron diferentes entre los distintos tipos de cafetales ( $P=0.001$ ;  $P=0.0003$ ;  $P=0.05$ ;  $P=0.0007$ ;  $P=0.0024$ ;  $P=0.0001$  respectivamente). Solamente en la variable riqueza no hubo diferencias significativas entre los tipos de cafetales ( $P=0.07$ ). En dos de las fincas (6%) la riqueza fue uno ya que sólo utilizan una especie de sombra (madero negro o cítrico).

Los costos promedios de producción varían de 408 a 661 dólares  $ha^{-1}$  (Cuadro 6), sin encontrarse diferencia significativa ( $P=0.1631$ ). En lo que respecta al costo de la mano de obra y a los insumos, tampoco hubo una diferencia significativa ( $P=0.3637$ ;  $P=0.0751$ , respectivamente), pero sí difieren estadísticamente los costos por fertilizantes ( $P=0.0235$ ). Los niveles de fertilización anual oscilan entre 196  $kg\ ha^{-1}$  hasta 1568  $kg\ ha^{-1}$ .

Cuadro 6. Rentabilidad de las fincas por tipo de cafetal en el Pacífico de Nicaragua.

Variables	Tipo de cafetal ( <i>a priori</i> )				
	1	2	3	4	5
Costo mano de obra (\$ ha <sup>-1</sup> )	338	295	218	312	322
Costo de insumos (\$ ha <sup>-1</sup> )	324	203	173	268	129
Costo total (\$ ha <sup>-1</sup> )	661	499	408	580	453
Rendimientos (qq ha <sup>-1</sup> )	15	15	9.3	16.8	14
Margen bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )	1050	1050	651	1176	980
Relación B/C	1.6	2.1	1.6	2.0	2.2

1 Sólo árboles de sombra; 2 Árboles de sombra y maderables; 3 Árboles de sombra y musáceas; 4 Árboles de sombra y cítricos; 5 Sombra mixta

Con base en la relación B/C se observa que la mayor rentabilidad se presenta en el tipo de cafetal con sombra mixta. Estas fincas obtienen un beneficio bruto anual por hectárea de 2.2 que refleja un beneficio neto de 1.2 dólares por cada dólar invertido. Por el contrario, según este indicador financiero, la rentabilidad más baja (1.6 dólares ha<sup>-1</sup>) esta referida a cafetales que tienen solo árboles de sombra en el dosel y a los que tiene árboles de sombra y musáceas (tipos de cafetales uno y tres respectivamente). Estadísticamente no existió diferencia significativa entre los cinco tipos de cafetales en estudio ( $P= 0.3857$ ).

## 4.2 Tipos de cafetales

### 4.2.1 Tipos de cafetales formados *a priori*

Fincas tipo “sólo sombra” y fincas tipo “sombra y maderables” son muy similares entre sí (Cuadro 7). Igualmente parecidas entre sí son las fincas tipo “sombra y cítricos” y “sombra mixta”. En cambio los cafetales tipo “sombra y musáceas” difieren marcadamente de todos los otros tipos.

Cuadro 7. Matriz de distancias  $[D^2 (i/j)]$  entre grupos formados *a priori*.

Tipo de cafetal	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Sólo árboles de sombra (1)	0				
Árboles de sombra y maderables (2)	25.7984	0			
Árboles de sombra y musáceas (3)	136.0127	171.6687	0		
Árboles de sombra y cítricos (4)	59.7633	61.6833	104.2258	0	
Sombra mixta (5)	66.2506	42.3016	124.7850	28.3388	0

Las dos primeras correlaciones canónicas explican el 86% de la variabilidad entre los cinco tipos de cafetales. Sin embargo la prueba de Lambda de Wilks, indica que no existen diferencias significativas entre estas variables canónicas, no logrando ninguna de ellas explicar la variabilidad entre los 5 tipos de cafetales ( $P=0.0730$ ). Al realizar la validación cruzada por medio del análisis discriminante se estimó un error de conteo de 75% que indica que la clasificación de las fincas solamente por el criterio tipo de sombra que predomina en los cafetales es inapropiada.

#### 4.2.2 Clasificación *a posteriori* usando todas las variables

Se agruparon las 36 fincas de acuerdo a las 26 variables cuantitativas presentadas en el Anexo 5. La prueba de pseudo  $t^2$  indicó seleccionar cuatro conglomerados. La matriz de distancia indica que los conglomerados 1 y 3 se parecen entre sí y están muy separados de los conglomerados 2 y 4 que a su vez son diferentes (Cuadro 8).

Cuadro 8. Matriz de distancias  $[D^2 (i/j)]$  entre conglomerados formados con todas las variables.

Conglomerado	1	2	3	4
1	0			
2	320.65702	0		
3	178.03213	442.53089	0	
4	588.21870	916.72077	976.24233	0

La prueba de Lambda de Wilks y las tres variables canónicas resultaron estadísticamente diferentes ( $P=0.0001$ ;  $P=0.0001$ ;  $P=0.0016$  y  $P=0.0337$  respectivamente). La primera

variable canónica acumula el 79% de la variabilidad entre los conglomerados y adicionando la segunda, explican el 93% de la variabilidad (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis discriminante canónico para los agrupamientos (procedimiento con todas las variables).

CAN <sup>+</sup>	Correlación canónica	Valor propio	Proporción acumulada
1	0.995415*	108.2910	0.7989
2	0.973978*	18.4678	0.9352
3	0.947514*	8.7831	1.0000

+CAN: Variable canónica, \* significativo (P<0.05)

La variable canónica CAN1 está dominada por las siguientes variables: el área total de la finca, el área del cafetal y el porcentaje de pendiente. La variable canónica (CAN2) está dominada por la importancia que tiene el cafetal para el productor, el número de actividades productivas en la finca y la abundancia (plantas ha<sup>-1</sup>) de las especies en el dosel de sombra.

Las fincas agrupadas en el conglomerado cuatro son diferentes a las fincas agrupadas en los conglomerados dos y tres (Figura 5). Asimismo, el conglomerado uno es muy similar al tres con respecto a estas variables. Las fincas del conglomerado 4 son mucho más grandes que los otros grupos, destinando mayores áreas al cultivo de café y es en donde se encuentran pendientes pronunciadas. Estas variables están referidas a condiciones de sitio, muy específicas de cada una de las fincas agrupadas en este conglomerado.

En las fincas agrupadas en el conglomerado 2 se encuentran productores que tienen una mayor diversificación en sus fincas pero consideran como principal uso de la tierra el área destinada al cultivo de café. Estos manejan mayor abundancia en el dosel de sombra comparado a los otros grupos formados los que son muy parecidos entre sí con respecto a estas variables. Así mismo este grupo presenta el menor índice de diversidad de Simpson encontrado ya que este índice está fuertemente sesgado hacia las especies más abundantes.



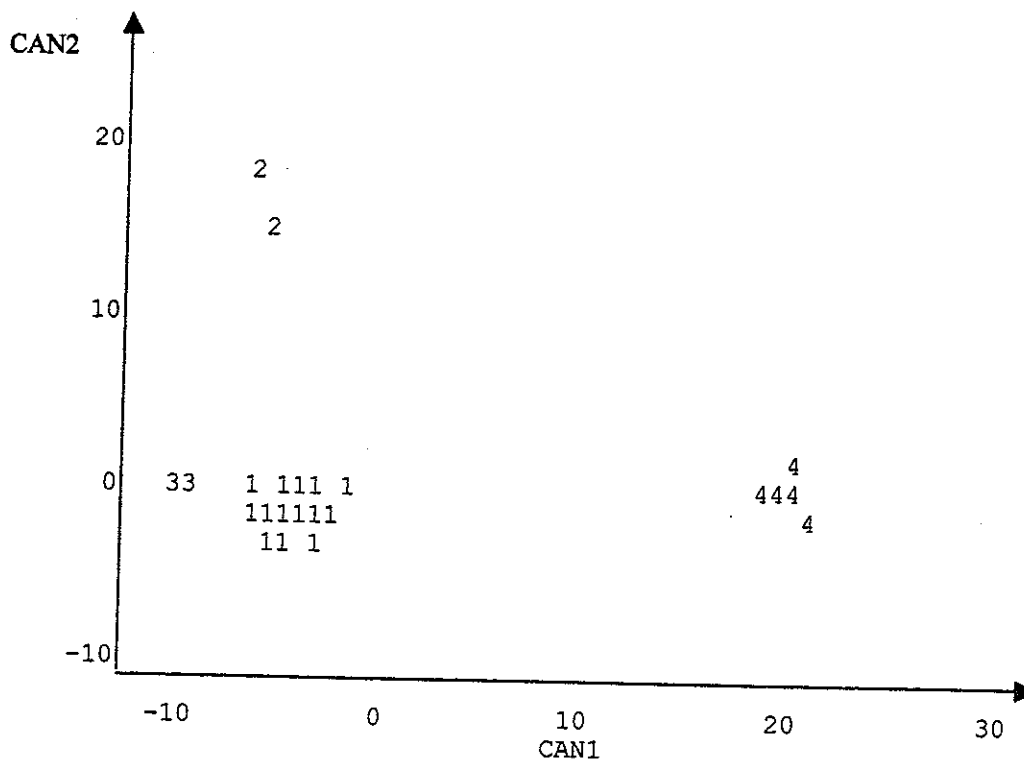


Figura 5. Representación de las variables canónicas CAN1\*CAN2 para la clasificación con todas las variables.

En la tercera variable canónica (CAN3) se presenta una mayor carga hacia la riqueza de especies en el cafetal y el porcentaje de sombra, existiendo una carga negativa en los costos de insumos, principalmente de herbicidas, rendimiento y margen bruto.

Las fincas agrupadas en el primer conglomerado suman un total de 25, en el segundo y tercer conglomerado dos fincas, y siete fincas en el cuarto grupo (Cuadro 10). Al realizar la validación cruzada por medio del análisis discriminante, se obtuvo un error de reclasificación de 30%, resultando más bajo que el obtenido en la clasificación *a priori*.

Cuadro 10. Número de fincas por tipo de cafetal que fueron clasificadas en los cuatro conglomerados (procedimiento con todas las variables).

Conglomerado	Tipo de cafetal					Total
	Sólo árboles de sombra	Sombra - Maderables	Sombra - Musáceas	Sombra - Cítricos	Sombra Mixta	
1	4	5	4	5	7	25
2	0	0	2	0	0	2
3	1	0	0	1	0	2
4	3	2	1	1	0	7

#### 4.2.3 Clasificación *a posteriori* usando variables seleccionadas

Ocho componentes principales contienen el 79% de la variabilidad de los datos (Anexo 6). El primero, segundo, sexto y séptimo están dominados por variables relacionadas a la intensidad del manejo (rendimiento, costo de mano de obra, días-hombre ha<sup>-1</sup>, costo de fertilizantes, costo de plaguicidas, costo de insumos, ingreso por ha<sup>-1</sup> y la relación beneficio-costos). El cuarto y octavo componentes presentan un fuerte peso en variables relacionadas al dosel de sombra (riqueza, abundancia, índice de diversidad de Simpson y porcentaje de sombra). Por último tenemos los componentes 3 y 5 que tienen mayores pesos en variables relacionadas al tamaño de finca, al cafetal, densidad de cafetos y a condiciones de sitio especialmente pendiente (Anexo 6). Se seleccionaron las 20 variables más importantes. El conglomerado 2 es el que presenta una gran diferencia con respecto a los otros dos, los cuales a su vez son parecidos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Matriz de distancias [ $D^2(i/j)$ ] entre conglomerados formados con variables seleccionadas.

Conglomerado	1	2	3
1	0		
2	215.58869	0	
3	37.78215	225.47744	0

La prueba de Lambda de Wilks resultó estadísticamente diferente ( $P=0.0001$ ). La validación cruzada de esta clasificación mediante el análisis discriminante, arrojó un error de 36%, muy similar al obtenido en la segunda clasificación. La primera variable canónica (CAN1) refleja el 88% de la variabilidad entre los grupos; las dos variables canónicas explican el 100% (Cuadro 12). En CAN1 se presenta un contraste entre la importancia que tiene la finca para el productor y la abundancia relativa de especies contra la diversidad de Simpson en el dosel de sombra.

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

CAN <sup>+</sup>	Correlación canónica	Valor propio	Proporción acumulada
1	0.986485*	36.2465	0.8852
2	0.908054*	4.7000	1.0000

+CAN: Variable canónica

\* significativo ( $P<0.05$ )

En la segunda variable canónica (CAN2) se presenta un mayor peso en las variables relacionadas con la intensidad del manejo (costos de insumos, fertilizantes y herbicidas, rendimiento, área del cafetal y altitud). La riqueza y el porcentaje de sombra en el cafetal tienen carga negativa. Existe una relación inversa entre la diversidad del dosel de sombra y la intensidad de manejo del cafetal (Figura 6).

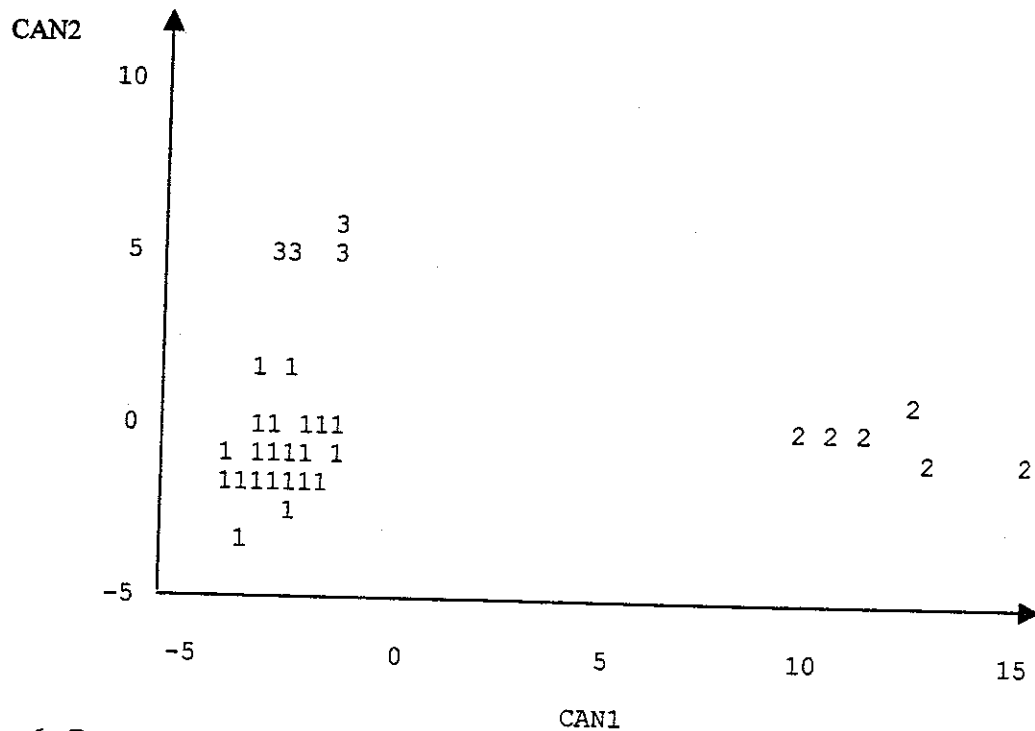


Figura 6. Representación de las variables canónicas CAN1\*CAN2 y los 3 conglomerados formados con variables seleccionadas.

En las fincas tipo 1, los productores consideran su finca como la principal fuente de ingresos, los cafetales tienen las mayores riquezas encontradas, intermedia abundancia de plantas en el dosel ( $427 \text{ plantas ha}^{-1}$ ), 45% de sombra y un manejo de bajos insumos (Cuadro 13).

En el tipo 2 están incluidos todos los productores que consideran la finca cafetalera como segunda fuente de ingresos. Los cafetales tienen las mayores abundancias (entre 260-1830 plantas por hectárea), correspondiendo los valores más altos a las musáceas; la riqueza de especies es menor que el grupo anterior (entre 4-8) y similares porcentajes de sombra que en el tipo 1 (Cuadro 13). Estas fincas tienen también un manejo de bajos insumos.

Cuadro 13. Valores medios de las variables por tipo de cafetal.

VARIABLES	GRUPOS FORMADOS		
	1	2	3
Años experiencia productor	19	30	25
Importancia de la finca	1	2	1
<i>Económicas:</i>			
Costo fertilización (\$ ha <sup>-1</sup> )	125.44	110.32	354.8
Costo Herbicidas (\$ ha <sup>-1</sup> )	5.24	11.54	49.61
Costo Insumos (\$ ha <sup>-1</sup> )	173.68	179.44	480.33
<i>Biofísicas:</i>			
Area del cafetal (ha)	6.7	2.8	42.3
Altitud (msnm)	498	529	625
<i>Del cafetal:</i>			
Rendimiento (qq oro ha <sup>-1</sup> )	13.5	11.2	20.7
Porcentaje de sombra (%)	42	45	27
Riqueza (número de especies)	8	6	4
Abundancia (plantas ha <sup>-1</sup> )	427	849	144
Diversidad de Simpson	3.82	2.19	2.94

Las fincas tipo 3 tienen los mayores costos de insumos, de fertilizantes y de herbicidas, altos rendimientos (20.7 qq oro ha<sup>-1</sup>), mayores áreas destinadas al café (42 ha), en altitudes superiores (625 m), menor riqueza (incluye fincas con sombra monoespecífica), bajo porcentaje de sombra y pocos árboles de sombra por hectárea (entre 60-190). Incluye productores con muchos años de experiencia en el cultivo de café que consideran su finca como la principal fuente de ingresos (Cuadro 13).

Se puede concluir que existen 3 diferentes tipos de fincas cafetaleras en la zona de estudio: cafetales con áreas intermedias (6.7 ha), con manejo de bajos insumos (conglomerado 1); cafetales con áreas pequeñas, diversificados y manejo de bajos insumos (conglomerado 2); cafetales con áreas grandes y manejo intensivo (conglomerado 3). El primer conglomerado agrupa de 4 a 6 fincas de los 5 tipos de cafetales de la clasificación *a priori*, el conglomerado 2 agrupa fincas de los diferentes tipos excluyendo las que tienen solamente árboles de sombra en el dosel y el conglomerado 3 agrupa 4 fincas con árboles de sombra y una con árboles de sombra y cítricos en el dosel (Cuadro 14).

Cuadro 14. Número de fincas por tipo de cafetal en los tres conglomerados producidos con variables seleccionadas.

Conglomerado	Tipo de cafetal					Total
	Sólo árboles de sombra	Sombra-Maderables	Sombra-Musáceas	Sombra-Cítricos	Sombra Mixta	
1	4	6	4	4	6	24
2	0	1	3	2	1	7
3	4	0	0	1	0	5

#### 4.2.4 Comparación entre la tipología *a priori* y las obtenidas estadísticamente.

La Prueba de  $X^2$  indica independencia entre la clasificación realizada *a priori* y la obtenida estadísticamente con el análisis de conglomerados empleando todas las variables ( $X^2 = 15.838$  con  $P = 0.199$ ). En cambio existe una relación significativa ( $X^2 = 15.735$  y  $P = 0.046$ ) entre la clasificación *a priori* y la clasificación con variables seleccionadas (Anexo 8).

Cuadro 15. Comparación entre el número de fincas agrupadas con los dos procedimientos de clasificación.

Conglomerados	1	2	3	4	Total de fincas
1	21	0	0	3	24
2	4	2	0	1	7
3	0	0	2	3	5
Total de fincas	25	2	2	7	36

Las dos clasificaciones obtenidas estadísticamente *a posteriori* son muy parecidas entre sí ( $X^2 = 30.358$  y  $P = 0.001$ ), ya que los conglomerados 1, 2, y 3 de ambas clasificaciones son prácticamente iguales y el conglomerado cuatro de la clasificación con todas las variables fue repartido entre los tres grupos de la clasificación con variables seleccionadas (Cuadro 15).

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Diversidad del dosel de sombra en cafetales

La región del Pacífico Central de Nicaragua fue fuertemente influenciada por las políticas de la Comisión Nacional de Renovación del Café (CONARCA) a partir de 1980. Se pretendió contener la roya del café que había ingresado al país a finales de 1976, afectando principalmente esta región cafetalera. Además, se pretendía incrementar la producción y realizar un reordenamiento de la zona cafetalera en el departamento de Carazo. Entre 1980-1983 el programa CONARCA renovó totalmente 8,613 ha de café y estableció 3,870 ha de café renovado. Se consideró que el programa había impulsado una tecnología no apropiada para la región, afectando los recursos naturales y el medio ambiente (Rice 1990, Clemens y Simán 1993).

Las condiciones agroecológicas y edafoclimáticas de la zona fueron alteradas por las medidas tomadas por el programa de renovación, agravando las restricciones que existían tradicionalmente para la producción cafetalera en esta región (Clemens y Simán, 1993). Situaciones de stress hídrico, erosión, fuertes vientos, aumento de los problemas de plagas, enfermedades y malezas se hicieron presentes al ser removidos las especies arbóreas del dosel de sombra en los cafetales. Todos estos cambios indujeron una mayor necesidad de plaguicidas y aumento de los costos de producción (Rice 1990, 1991). Especies como madero negro y acetuno fueron establecidas como sombra de los cafetales y acacia (*Cassia siamea*) en cortinas rompevientos.

Los cafetales han sido estudiados en varios países, encontrándose muchas combinaciones de café con árboles de sombra, en diferentes condiciones agroecológicas y bajo diferentes prácticas de manejo. Los cafetales tradicionales tienen una estructura vertical diversificada, con tres o cuatro estratos y gran variedad de especies en el dosel de sombra, en México (Fuentes 1979, Jiménez 1979, Gallina *et al.* 1996), Guatemala (Villatoro 1986), Costa Rica (Lagemann y Heuveldop 1983, Espinoza 1983), Venezuela (Escalante 1985, 1997; Escalante *et al.* 1987), Ecuador (Mussak y Laarman 1989), y Puerto Rico (Weaver y

Birdsey 1986). Diferente a estos resultados, otros autores reportan la predominancia de una sola especie en el dosel de sombra, como macadamia (*Macadamia integrifolia*), poró (*Erythrina poeppigiana*) o laurel en cafetales de Costa Rica (Somarriba 1990; Beer 1995, Muschler 1997, Llanderal 1998).

En 1999, 16 años después de CONARCA, se encontraron 56 especies en el dosel de sombra, que además de dar sombra al café, cumplen otras funciones como maderable, frutal y leña, principalmente. Las especies más abundantes en estos cafetales son las musáceas, el madero negro y los cítricos y menores abundancias de maderables como el cedro y el guanacaste.

Los gases emanados por el Volcán Santiago inciden en la diversidad de especies en el dosel de sombra de los cafetales de la zona de El Crucero. Las plantaciones cafetaleras sufren defoliación (Chamorro 1996). Debido a los cambios en la dirección del viento en ciertos períodos del año, estos gases también afectan las zonas aledañas (Gutiérrez 1996). El 42% de los productores entrevistados lo menciona como un problema específico que afecta las plantaciones de café. No existen estudios del efecto de los gases en los cafetales de esta región.

La diversidad del dosel de sombra en los cafetales del Pacífico de Nicaragua está influenciada por la intensidad del manejo (costos de fertilizantes y uso de herbicidas) así como por la importancia que tienen la finca y el cafetal como fuentes de ingresos. Factores biofísicos como el área del cafetal, pendiente y altitud, son responsables de las agrupaciones de fincas obtenidas. La presencia de mayores abundancias (plantas ha<sup>-1</sup>) y mayores porcentajes de sombra se asocian con bajo uso de insumos, bajos ingresos y viceversa. Similares resultados fueron encontrados en cafetales de Costa Rica (Llanderal, 1998).

Las especies maderables son un componente común en el dosel de sombra de los cafetales en diferentes países. En Ecuador la mayoría de la madera industrial proviene de árboles de sombra en cafetales y cacaotales (Mussak y Laarman 1989). Otros autores reportan ciertas desventajas en el uso de estas especies, pero aún así, son preferidas por los productores.



Llanderal (1998) y Escalante (1997) reportan el uso de ciertas especies maderables como laurel, en cafetales y aunque los productores lo consideran nocivo para el café, reconocen el valor económico de la madera como un ingreso adicional.

Similares percepciones de los productores se encontraron en Nicaragua ya que, especies maderables como el cedro y laurel, son consideradas “calientes” porque pueden perjudicar la producción de café. Sin embargo, son toleradas por los productores por el valor y la calidad de su madera. Contrario a esta situación, el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) es considerado “una especie noble”. Galloway y Beer (1997), reportan que las especies preferidas como árboles de sombra en los cafetales de Nicaragua son las guabas (*Inga spp*), en menor proporción madero negro (*Gliricidia sepium*) y aceituno (*Simarouba glauca*) y poró (*Erythrina fusca*) en algunos cafetales de la zonas cafetaleras.

Son pocos los estudios que se han realizado para determinar si los árboles más utilizados como sombra permanente en el cultivo de café podrían ser hospederos de plagas o enfermedades. En Cuba, Sabori *et al.* (1992) encontraron que tres especies arbóreas están asociadas a la presencia de nematodos en el cafetal.

Las principales plagas y enfermedades que atacan el cultivo de café en las fincas estudiadas son la roya y la broca, pero los productores asocian la presencia de estas u otras plagas a la regulación de la sombra y no a alguna especie del dosel en particular. En Nicaragua, el manejo deficiente de sombra es uno de los problemas que más afecta los cafetales de pequeños productores, razón por la cual los técnicos-extensionistas de UNICAFE dedican un tiempo considerable a este tema en las actividades de capacitación y extensión (Galloway y Beer 1997).

## **5.2 Diversificación de la producción en áreas cafetaleras**

La diversificación surge por la división de un recurso (tierra, mano de obra o capital) entre diferentes alternativas o cultivos. La diversificación agrícola es importante desde los puntos de vista económico, social y ecológico. La inestabilidad del mercado internacional

del café así como la necesidad de producir alimentos, han llevado a situaciones de búsqueda de alternativas de producción que satisfagan en cierta medida esta necesidad, como también generar otros ingresos a través de diversificar la finca cafetalera. La diversificación es una manera de manejar variabilidad en el ambiente biofísico o económico, por lo que se espera mayor estabilidad en fincas diversificadas (Somarriba, 1993).

La diversidad biológica puede ofrecer rendimientos económicos importantes a los caficultores. Debido al mayor número de productos derivados, la diversa comunidad de plantas en una finca tradicional encaja mucho mejor en la mentalidad de aversión al riesgo de muchos pequeños agricultores (Reeves y Lilieholm, 1993). En la zona de estudio, los productores que manejan sombra mixta consideran importante los productos obtenidos del dosel de sombra, ya que son una fuente adicional de ingresos a corto plazo, que permiten dar un mejor manejo al cafetal. Las musáceas constituyen el componente que presenta la mayor abundancia en las fincas cafetaleras estudiadas (430 tallos adultos  $ha^{-1}$ ), en algunos casos son plantadas como sombra temporal cuando se establece el cultivo de café, en otras situaciones provee de alimento a la mano de obra que es contratada para las labores de manejo del cultivo. Los cítricos en el dosel son considerados rentables, ya que se obtiene un ingreso por la venta de los frutos sin requerir de un manejo adicional de los árboles.

Las fincas más pequeñas presentan mayor riqueza y abundancia de árboles para satisfacer necesidades de leña, madera y fruta principalmente. La diversificación a nivel de finca está referida a las fincas más grandes en donde se presenta menor riqueza y abundancia dentro del cafetal. En Costa Rica (Espinoza 1983, Llanderal 1998), Guatemala (Villatoro 1986) y Venezuela (Benacchio 1987) concuerdan con estos resultados. Rao (1978) propone alternativas de diversificación de pequeñas fincas en áreas cafetaleras, haciendo alusión al incremento en la producción total por unidad de área.

### **5.3 Índices de diversidad**

Los índices intentan caracterizar la colección o comunidad por un número singular (Magurran 1988). Los índices de Shannon y de Simpson han sido fuertemente criticados

por su sensibilidad a las pocas especies más comunes, las cuales varían mucho de una época a otra en comunidades naturales (Kempton y Taylor, 1976). Se puede aumentar la sensibilidad del índice de Shannon, reduciendo la riqueza con que se mide la colección. Por ejemplo, en cafetales, en lugar de utilizar especies botánicas como categorías de la colección, se pueden definir "grupos funcionales" (leña, maderables, cítricos, sombra, musáceas, etc.) en el dosel de sombra (Somarriba 1999).

La diversidad en cafetales del Pacífico de Nicaragua es similar a la reportada en otros estudios. La riqueza varía entre 1 y 12 especies y los recíprocos del índice de Simpson tienen valores de 1 hasta 6.6. En México, Gallina *et al.* (1996) encontraron riquezas entre 6 y 11 especies y diversidad (recíproco del índice de Simpson) entre 1.37 y 5.04. En cafetales de Puerto Rico, Weaver y Birdsey (1986) obtuvieron índices de diversidad de Shannon entre 2.8 y 4.7, éstos cafetales han sido establecidos bajo la sombra de bosques raleados con riquezas desde 30 hasta más de 50 especies. Los valores del índice de diversidad de Shannon medidos en este estudio se encuentran entre 0 y 1.98

El índice de Margalef es un índice sencillo que se obtiene usando combinaciones del número de especies recolectadas y del número total de individuos sumando todos los de las *s* especies (Magurran 1988). La facilidad de su cálculo es una de las grandes ventajas de éste índice pero no logra discriminar entre fincas cuando se presentan iguales valores de riqueza y abundancia total de las especies presentes lo que puede observarse en las fincas 10 y 23, las que tienen igual riqueza y aproximadamente la misma cantidad total de individuos, por lo tanto el índice de Margalef es casi idéntico entre ellas. Puede observarse que tanto el índice de Shannon como el de Simpson, son distintos entre estas fincas ya que las abundancias proporcionales de cada especie son muy diferentes de una finca a otra.

#### **5.4 Tipologías cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua**

Las fincas de este estudio se seleccionaron con base en la clasificación *a priori*, de los 5 tipos de cafetales predominantes en la región del Pacífico de Nicaragua. Al realizar la validación cruzada por medio del análisis discriminante se estimó un error de conteo de

75% que nos indica la clasificación errónea de las fincas al clasificarlas visualmente *a priori*. El segundo procedimiento estadístico de conglomerados arrojó el menor porcentaje de error al realizar la reclasificación (30%) y en el tercer procedimiento fue de 36%.

El análisis de componentes principales permitió reducir la dimensionalidad de 26 a 20 variables para este tercer procedimiento. Cabe señalar que algunas de las variables que separan los grupos formados en las dos clasificaciones *a posteriori* son similares para ambos casos. Las variables socioeconómicas (costos de insumos, de herbicidas, de fertilizante y la importancia que tiene la finca para el productor) son responsables de la clasificación realizada por medio del análisis de conglomerados ya que difieren entre las fincas. El área del cafetal, como variable biofísica, tiene peso en la agrupación de fincas obtenidas estadísticamente.

El contraste encontrado entre la riqueza, rendimiento, costos y tamaño de la explotación, coincide con lo encontrado por Fuentes (1979), Lagemann y Heuveltop (1983), Espinoza (1983, 1986), Villatoro (1986), Escalante *et al.* (1987) y Llanderal (1998). Los sistemas con más riqueza se encuentran en las fincas más pequeñas, con baja intensidad de manejo y bajo nivel socioeconómico. Mejía (1990) identificó cinco grupos de agricultores con niveles de tecnología semejante, determinados por variables biofísicas y socioeconómicas dentro de las cuales se encuentran la variedad de café, el área total de la finca, el área del cafetal en producción y el uso de agroquímicos.

En cafetales de Guatemala, Benoit-Cattin (1994), identificaron seis grupos de caficultores. De la discusión de los aspectos técnico-económicos de cada grupo, concluyen que la intensificación de la caficultura de los pequeños productores es el resultado de la combinación de factores económicos y sociales que permiten la especialización de la producción y la acumulación de excedentes como producto de la innovación tecnológica.

## 5.5 Importancia de la Biodiversidad en cafetales

Los sistemas de producción de café van desde simples hasta muy diversificados (Fuentes, 1979). Los cafetales con sombra pueden, contener en algunos casos, tanta diversidad como los hábitat boscosos. El café se cultiva tradicionalmente bajo un dosel de sombra y debido a su complejidad estructural y florística, tienen una biodiversidad relativamente grande. Los cafetales han ido transformándose, mediante la intensificación del manejo, en plantaciones industriales con poca o ninguna sombra (Perfecto *et al.* 1996), lo que disminuye la biodiversidad.

Un agroecosistema cafetalero diversificado (tradicional) manejado técnicamente, que combine especies vegetales y animales compatibles y económicamente productivas, puede considerarse como agricultura tropical intensiva de pisos o estratos, altamente eficiente en la producción de biomasa aprovechable y en la utilización de mucha mano de obra, es decir, con una alta capacidad de absorción demográfica (Fuentes, 1979).

La Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFE), como parte importante del sector cafetalero de Nicaragua, tiene definido y ha aprobado el Proyecto de Modelo de la Caficultura del Próximo Siglo (Bolaños, 1998; Cuadra y Barrios, 1999). El modelo se basa en una caficultura de cinco pisos: 1) maderables; 2) musáceas, frutales, forestales energéticas; 3) el cultivo del café; 4) especies de coberturas; 5) suelo. Algunos productores han introducido árboles maderables y frutales en sus fincas, ya sea como sombra en el cafetal o en los linderos, cercas vivas y rondas.

## VI. CONCLUSIONES

- El área del cafetal, la altitud, la intensidad del manejo, la importancia de la finca como fuente de ingreso para los productores y la diversidad son factores importantes en la determinación de las tipologías cafetaleras.
- Factores socioeconómicos inciden en la composición del dosel de sombra en cafetales del Pacífico de Nicaragua. La intensidad del manejo y el área del cafetal tienen una relación inversa con la riqueza y el porcentaje de sombra en los cafetales.
- Los cinco tipos de cafetales definidos *a priori* difieren significativamente en términos de área total de la finca y de cafetal. Los tipos de cafetales con sólo árboles de sombra y árboles de sombra-maderables están presentes en fincas con las mayores superficies y tienen mayor número de actividades agrícolas en la finca. Las fincas que emplean sombra mixta en sus cafetales son las más pequeñas y realizan en promedio dos actividades agrícolas diferentes.
- Se encontró un total de 56 especies diferentes en el dosel de sombra de los cafetales estudiados. Estas especies además de dar sombra al café, cumplen otras funciones como maderables, frutales y leña principalmente. Las especies más abundantes son las musáceas, el madero negro y los cítricos. En menor abundancia se encontraron el cedro y el guanacaste.
- La poca precipitación en la zona y su mala distribución es el principal problema para el cultivo del café. Otros problemas importantes son el viento, las altas temperaturas, el hurto del café durante los períodos de cosecha y los gases que emana el Volcán Santiago que ocasiona la muerte a muchas especies del dosel de sombra en las áreas afectadas.

- Las principales plagas que afectan los cafetales en la zona son la roya y la broca. Los productores no asocian la incidencia de estas plagas con alguna especie presente en el dosel de sombra, dando mayor importancia al manejo y regulación de la sombra. Otras plagas aparentemente están relacionadas con las especies de sombra, como por ejemplo: nematodos con la presencia de musáceas, cochinilla con cítricos, afidos con cítricos y frutales y gallina ciega con musáceas, guaba y copel.
- Con el análisis de clasificación *a posteriori* usando variables seleccionadas (tercer procedimiento) se obtuvo la tipología más consistente. Este procedimiento incluye un análisis de correlación, análisis de componentes principales para seleccionar variables, un análisis de conglomerados con 20 variables seleccionadas y un análisis discriminante canónico.
- Se identificaron tres tipos de cafetales en el Pacífico de Nicaragua: 1) cafetales con áreas intermedias, muy diversificados y con manejo de bajos insumos; 2) cafetales con áreas pequeñas, diversificados y manejo de bajos insumos; 3) cafetales con áreas grandes, poco diversificados y con manejo intensivo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Estudiar las tipologías en las restantes regiones cafetaleras del país ya que las condiciones biofísicas y socioeconómicas son muy diferentes a las de la zona del Pacífico.
- Evaluar, junto a los productores, las plagas presentes en los cafetales para conocer si existe incidencia de éstas por la presencia de determinadas especies utilizadas en el dosel de sombra.
- Estudiar el efecto de los gases del Volcán Santiago en la selección y manejo de las especies tolerantes en el dosel de sombra de cafetales e identificar y evaluar especies resistentes.





## VIII. BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Bolaños O., M. 1998. Los cafetales del próximo siglo. *El Caficultor, La Revista del Productor Cafetalero*. (5)19: 7-8.
- Clemens, H.; Simán, J. 1993. Tecnología y desarrollo del sector cafetalero en Nicaragua. Managua, Nicaragua, UNAN/CATIE. 21p. Serie CIES/ESECA 93.2.
- Clemens, H.; Simán, J. 1993. Caracterización del manejo del cultivo del café en la IV región, ciclo 1990/91. Managua, Nicaragua, UNAN/CATIE. 14p. Serie CIES/ESECA 93.2.
- Cuadra, M.; Barrios, C. 1998. Evaluación de la propuesta del Plan de promoción de la caficultura del próximo siglo: primer borrador. Managua, MAG-UNICAFE. 57p.
- Chamorro, L. 1996. Lluvia ácida en El Crucero, afectará cafetales y cosecha cafetalera en esta zona. *El Caficultor, La Revista del Productor Cafetalero* (3)14: 3-4.
- Escalante, E. 1985. Promising agroforestry systems in Venezuela. *Agroforestry Systems*. 3: 209-221.
- Escalante F., E.; Aguilar R., A.; 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 Forestal* 3(11): 50-62.
- Escalante, E. 1997. Café y Agroforestería en Venezuela. *Agroforestería en las Américas* 4(13): 21-24.
- Escobar, G.; Berdegú, J. 1990. Conceptos y metodologías para la tipificación de sistemas de finca: la experiencia de RIMISP. In: Escobar, G. y Berdegú, J. (eds.). Tipificación de sistemas de producción agrícola. RIMISP, Santiago de Chile. p.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. p. 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.; González-Romero, A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, México. *Agroforestry Systems* 33: 13-27.
- ✓ Galloway, G.; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. CATIE (C. R.). Serie Técnica. Informe Técnico No.285. 168p.
- ✓ Gómez G., O. A. 1997. Diversificación agrícola en áreas cafetaleras. *In*: Manual del caficultor salvadoreño. PROCAFE. San Salvador, El Salvador. p.63-71
- Granados S., D.; Vera L., J. 1995. El sistema agroforestal cafetalero en Córdoba, Veracruz. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales* 1: 97-108.
- Gutiérrez, J.F. 1996. A propósito de la lluvia ácida en la zona de "El Crucero". *El Caficultor, La Revista del Productor Cafetalero* (3)15: 27-29.
- ✓ IICA. 1990. Diagnóstico de la caficultura en Nicaragua. Proyecto No. APP 72-110/11037. 261p.
- 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.
- Kempton, R.A.; Taylor, L.R. 1976. Models and statistic for species diversity. *Nature* 262: 818-820.
- ✓ Lagemann, J.; Heuvelop, J. 1983. Characterization and evaluation of agroforestry systems: the case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 1: 101-115.
- ✓ Leiva, J. M.; 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.; Reynolds, J.F. 1988. Statistical ecology. John Wiley & Sons. New York. 337p.
- Llanderal O, T. 1998. Diversidad del dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 59p.
- ✓ Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Ed. Princeton University Press. Great Britain. 179p.
- ✗ Marten, G.G.; Sancholuz, L.A. 1981. Estudio ecológico de las zonas cafetaleras de Veracruz, Puebla, Hidalgo y Tamaulipas: Evaluación estadística de los muestreos. *Biotica* 6(1): 7-32.
- ✗ 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.

- ✕ Mejía A., E. J. 1990. Caracterización y evaluación de diferencias en el manejo del cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en dos municipios de Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 102p.
- 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.
- Muschler, M. 1997. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* Vars. Caturra y Catimor. In Simposio Latinoamericano de Caficultura (18, 1997, San José, Costa Rica). Memorias. San José, Costa Rica, IICA-PROMECAFE. p. 157-162.
- ✓ Mussak, M.F.; Laarman, J.G. 1989. Farmer's production of timber trees in the cacao-coffee region of coastal Ecuador. *Agroforestry Systems* 9: 155-170.
- 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. 165p.
- 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.
- ✕ Pla, L. E. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Editora Eva Vchesneau. Monografía No.27. 94p.
- ✓ POSAF. 1998. Proyecto Café Eco-forestal. MARENA/BID. Documento interno. 38p
- PROGRAMA AMBIENTAL NICARAGUA-FINLANDIA (PANIF). 1998. Diagnóstico de la situación del café. Managua. 147p.
- ✓ Rao, H. 1975. Diversification in coffee. *Indian Coffee* 39(1): 16-18
- ✓ Rao, H. 1978. Diversification farm, Chetahalli. *Indian Coffee* 42(1): 11-15
- Reeves, L.; Lilieholm, R. 1993. Reducing financial risk in agroforestry planning: a case study in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 21: 169-175.
- ✕ Rice, R. A. 1990. Transforming agriculture: The case of coffee leaf rust and coffee renovation in Southern Nicaragua. Ph.D. Thesis. Berkeley, California, University of California at Berkeley. 304p.
- Rice, R. 1991. Observaciones sobre la transición en el sector cafetalero en Centroamérica. *Agroecología Neotropical* 2(1): 1-6
- Rojas A., L. 1998. Diversidad de especies de *Auchenorrhyncha* (Homóptera) en cafetales con diferente tipo de sombra, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62p.

- Sabori, I.; Cabrera, M.; López, C.; Muiña, M. 1992. Determinación de las plantas de sombra, coberturas vivas y malezas susceptibles a nemátodos nodulares. *Revista Baracoa* 22(1): 21-28.
- Salinas M., I. H. 1991. Zonificación agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en Nicaragua. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 90p.
- SAS Institute Inc. 1987. SAS/STAT™ guide for personal computers, version 6 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. 1028 p.
- Somarriba, E. 1990. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* en 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 agrícola. In: Salazar, R. (ed.). Memorias de la Semana Científica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (1): 51
- Somarriba, E.; Llanderal O., T. 1998. Análisis de la diversidad del componente arbóreo en cafetales de Centroamérica. Documento en imprenta. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 29p.
- Somarriba, E. 1999. Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas*. 6(23): 72-74.
- 3p  
1999  
UNICAFE, 1996. Diagnóstico de la zona cafetalera del Pacífico Central-Boaco. Documento en imprenta. UNICAFE, Managua, Nicaragua. 45p.
- ✓ UNICAFE, 1996. Manual de Caficultura de Nicaragua. Fondo de Contravalor. Italia/Nicaragua. Talleres gráficos del CENACOR. 242p.
- ✓ Villatoro P., R. M. 1986. Caracterización del sistema agroforestal café-especies arbóreas en la cuenca del Río Achiguate, Guatemala. Tesis Ing. Agr. San Carlos, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 152p.
- Weaver, P.L. y Birdsey, A. 1986. Tree succession and management opportunities in coffee shade stands. *Turrialba* 36(1): 47-58.

**IX. ANEXOS**

**Anexo 1. Formato de recolección de la información**

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
(CATIE)**

**ENCUESTA PARA REALIZAR ANALISIS DE LA DIVERSIDAD DEL DOSEL DE  
SOMBRA EN CAFETALES DEL PACÍFICO DE NICARAGUA**

**I. UBICACIÓN**

1. FINCA No. \_\_\_\_\_ NOMBRE DE LA FINCA: \_\_\_\_\_
2. FECHA (DDMMAA): \_\_\_\_\_
3. COMUNIDAD: \_\_\_\_\_
4. MUNICIPIO: \_\_\_\_\_
5. DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_
6. PAIS: Nicaragua
7. NOMBRE DEL ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_

**II. EL PROPIETARIO**

8. NOMBRE DEL PROPIETARIO: \_\_\_\_\_
9. EDAD DEL PROPIETARIO: \_\_\_\_\_
10. AÑOS DE EXPERIENCIA CON EL CULTIVO DEL CAFÉ: \_\_\_\_\_

En caso de que el informante sea distinto del propietario:

11. NOMBRE DEL INFORMANTE: \_\_\_\_\_
12. CARGO DEL INFORMANTE: \_\_\_\_\_
13. AÑOS DE EXPERIENCIA CON EL CULTIVO DEL CAFÉ: \_\_\_\_\_
14. HISTORIA USO DE LA TIERRA, OBJETIVOS Y FUTURO SEGUN PROPIETARIO

### III. LA FAMILIA

15. COMPOSICION Y MANO DE OBRA FAMILIAR (en caso de entrevistar al propietario).

MIEMBRO	EDAD	SEXO	OCUPACION	#MTFF

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

### IV. LA FINCA

16. AREA TOTAL DE LA FINCA (mz): \_\_\_\_\_

17. ¿CUANTAS FINCAS TIENE? \_\_\_\_\_

18. LISTADO DE PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONOMICAS DEL FINQUERO Y VALORACION DE SU IMPORTANCIA DE ACUERDO A LA VISION DEL FINQUERO (en caso de entrevistar al propietario)

Consignar las diferentes actividades que reportan ingresos, tales como la finca, comercio, empleo externo, etc. Asignar el número 1 (UNO) a la actividad más importante, el 2 (DOS) a la siguiente, y así sucesivamente.

ACTIVIDAD ECONOMICA	IMPORTANCIA
Finca	

19. USO DE LA TIERRA Y VALORACION DE SU IMPORTANCIA DE ACUERDO A LA VISION DEL FINQUERO

La suma de las áreas de cada uso debe ser igual al área de la finca. El valor de importancia se establece mediante la asignación del número 1 (UNO) al uso de la tierra que el productor considere más importante, el número 2 (DOS) al siguiente uso más importante, y así sucesivamente.

USO TIERRA	AREA (mz)	IMPORTANCIA
Cafetal		

**20. PROBLEMAS:**

Marcar con una X en los factores que el productor piense que son un problema para el cultivo del café.

#	FACTOR	Marcar con X
1	VIENTO	
2	NUBOSIDAD	
3	SEQUIA	
4	EXCESO LLUVIA	
5	FRIO	
6	CALOR	
7	TOPOGRAFIA	
8	VIAS DE ACCESO	
9	GASES DEL CERRO	
10	SUELO	
11	ROBO	
12	OTRO ( )	
13	SIN PROBLEMAS	

21. ¿CUALES SON LOS MESES SECOS (VERANO)?: \_\_\_\_\_

22. CROQUIS DE LA FINCA (en reverso de esta hoja)

**V.EL CAFETAL**

23. DETALLES SOBRE CAFETALES EN LA FINCA

TIPO DE SOMBRA	AREA (mz)	VARIEDAD DEL CAFE	EDAD (años)



24. PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LOS CAFETALES DE LA FINCA.

Mencionar orden de importancia, asignando el 1 a la plaga o enfermedad más importante, el 2 a la siguiente y así, sucesivamente.

PLAGAS Y ENFERMEDADES	IMPORTANCIA
Broca	
Roya	
Minador	
Cochinilla	
Ojo de gallo	
Mancha de hierro	
Antracnosis	
Matapalos	
Otro:	

25. PLAGAS Y ENFERMEDADES ASOCIADAS A LA SOMBRA.

Listar plagas y enfermedades que aparecen bajo la sombra de diferentes componentes utilizados en el dosel de sombra, haciendo referencia a especies de cada componente. Si no sabe, escribir "no sabe".

COMPONENTE	PLAGAS Y ENFERMEDADES
Frutales	
Cítricos	
Musáceas	
Maderables	
Sombra	
Leña	
Árboles de montaña	
Otro:	

26. DATOS DE LA PARCELA DE MUESTREO

- 26.1. LATITUD (°) \_\_\_\_\_  
 26.2. LONGITUD (°) \_\_\_\_\_  
 26.3. ALTITUD (msnm) \_\_\_\_\_  
 26.4. PENDIENTE (%) \_\_\_\_\_  
 26.5. PEDREGOSIDAD (%) \_\_\_\_\_

27. TIPO DE PODA EN EL CAFE \_\_\_\_\_

28. PRODUCCION DE CAFÉ

qq oro/mz	fanega uva/mz

29. RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ARBOLES DE SOMBRA (en 1000 m<sup>2</sup>). Se incluyen sólo árboles con dap >10 cm; musáceas se cuentan por tallos adultos.

ARBOL	USO	ABUNDANCIA	ORIGEN*

\*ORIGEN: (r) regenerados; (p) plantados.

30. ESTIMACIÓN DE LA POBLACION DE CAFÉ

En el centro de la parcela de 1000 m<sup>2</sup>, se establece una subparcela de unos 10 m de largo, alineada conforme a la disposición de las hileras de cafetos (ajustar el largo para asegurar que los límites de la parcela se ubican en la mitad de la distancia entre los cafetos de la hilera). El ancho de la subparcela será de cuatro calles. Dentro de esta parcela se cuentan las plantas de café presentes.

LARGO (m)	
ANCHO (m)	
# DE CAFETOS	

31. SOMBRA (Se mide la sombra con densiómetro en cuatro puntos de la parcela tratando de muestrear las distintas zonas de sombra. En cada punto se realizan cuatro lecturas)

PUNTO	SOMBRA (lecturas)			
	a	b	c	d
1				
2				
3				
4				

32. DESCRIPCION DE LOS DOSELES DE SOMBRA (Estimar % máximo de sombra; describir alturas, estratificación vertical, estado fenológico, homogeneidad en distribución espacial de sombra, riqueza, comentarios sobre la vegetación de la regeneración natural y alguna otra observación relevante).

## VI. MANEJO AGRONOMICO Y COSTOS

### 33. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	MESES

### 34. COSTOS DE MANEJO (Córdobas por manzana)

Actividad	Frecuencia	Insumo	Unidades	Cantidad	Precio	Costo

35. COSTO DE RECOLECCION (Cd/qq oro), (medio uva), (lata) \_\_\_\_\_

36. COSTO DE TRANSPORTE (Cd/qq oro), (saco), (uva), (pergamino):  
\_\_\_\_\_

37. COSTO DE BENEFICIADO (Cd/qq oro) \_\_\_\_\_

38. PRECIO DE VENTA (Cd/qq oro),(fanega uva), (qq pergamino) \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Descripción de las variables en las bases de datos

### 1. UBICACIÓN DE LA FINCA

<i>Finca</i>	Variable de identificación.
<i>Nombrefi</i>	Nombre de la finca
<i>Fecha</i>	Fecha de realización de la entrevista
<i>Comunida</i>	Comunidad
<i>Municipi</i>	Municipio
<i>Departam</i>	Departamento
<i>País</i>	País

### 2. EL PROPIETARIO

<i>Propiet</i>	Nombre del propietario
<i>Edadprop</i>	Edad del propietario
<i>Anosexpe</i>	Años de experiencia del propietario
En caso de ser el informante distinto del propietario:	
<i>Informan</i>	Nombre del informante
<i>Cargo</i>	Cargo del informante
<i>Edadinfo</i>	Edad del informante
<i>Anosexin</i>	Años de experiencia del informante

### 3. LA FINCA

<i>Tiposomb</i>	Tipo de sombra predominante en la finca (5 tipos diferentes)
<i>Areatha</i>	Area total de la finca (ha)
<i>Atcafeha</i>	Area total de cafetales en la finca (ha)
<i>Coffee</i>	Porcentaje de la finca ocupada por cafetales
<i>Numfinca</i>	Número de fincas que tiene el productor

Actividades económicas del productor y valoración de su importancia:  
*Iaefinca* (La finca estudiada); *Iaeotfin* (Otras fincas del productor); *Iaecomer* (Comercio);  
*Iaemext* (Empleo externo); *Iaeservi* (Servicios).

Area que ocupa cada uso de la tierra:

*Aucafe* (Cafetal); *Auhuerta* (Huerta); *Augranja* (Granja); *Aucitrico* (Cítricos);  
*Augrbasi* (Granos básicos); *aufrutal* (Frutales); *Auaguaca* (Aguacate);  
*Aupitah* (Pitahaya); *Aupina* (Piña); *Aumusa* (Musáceas); *Auvivero* (Vivero);  
*Aupotrer* (Potrero); *Aubosque* (Bosque)

Importancia de cada uso de la tierra según la valoración del productor, correspondiendo el No.1 al que tiene mayor importancia y aumentando conforme disminuye la importancia:  
*impcafet* (Cafetal); *imphuert* (Huerta); *impgranj* (Granja); *impcitri* (Cítricos); *impgrbas*  
(Granos básicos); *impfruta* (Frutales); *impaguac* (Aguacate); *imppitah* (Pitahaya); *imppina*  
(Piña); *impmusa* (Musáceas); *impviver* (Vivero); *imppotre* (Potrero); *impbosqu* (Bosque).

Factores considerados problemas para el cultivo de café en la finca:

*Viento* (Viento); *nubosida* (Nubosidad); *sequia* (Sequía); *exlluvia* (Exceso de lluvia); *frio* (frío); *calor* (calor); *topograf* (Topografía); *acceso* (Vías de acceso); *gascero* (Gases del Volcán Santiago); *suelo* (Suelo); *robo* (Principalmente de la cosecha); *otroprob* (Otro problema); *sinprobl* (Sin problemas en la finca).

Época seca:

*inicvera* (Mes de inicio de la época de verano); *finvera* (Mes de conclusión de la época de verano); *verano* (número de meses considerados secos).

Producción y rendimiento:

*produc* (Producción total de café en la finca en qq oro); *rendim* (Rendimiento en qq oro ha<sup>-1</sup>).

## EL CAFETAL

Detalles sobre cafetales en la finca:

Se anotan los distintos tipos de sombra en los cafetales de la finca, identificados por parcela (*tsparcela*), el área que ocupan (*area*), las variedades de café en cada parcela (*Variedad*), y la edad que tiene el cafetal en cada parcela (*Edad*). El área mínima por tipo es de 1 hectárea.

Tipo de poda:

*tipopod1* (Poda por ramas -selectiva); *tipopod2* (Poda rock and roll); *tipopod3* (Poda en bloque); *tipopod4* (Poda cíclica).

Principales plagas y enfermedades en los cafetales de la finca:

Se menciona el orden de importancia de las plagas y enfermedades en los cafetales de la finca, asignando el 1 a la plaga o enfermedad más importante, el 2 a la siguiente y así, sucesivamente.

Plagas y enfermedades asociadas a la sombra:

Se listan las plagas y enfermedades que aparecen bajo la sombra de diferentes componentes utilizados en el dosel, haciendo referencia a especies de cada componente. Se escribe "no sabe", si el productor no hace alguna referencia.

Datos de la parcela de muestreo (de 1000m<sup>2</sup>):

*latitud* y *longitud* (Coordenadas medidas con un GPS); *altitud* (Altitud medida con un altímetro); *pendient* (Pendiente medida en porcentaje con un clinómetro); *pedregos* (Pedregosidad determinada mediante la estimación del porcentaje de la superficie del suelo que tiene piedras).

Riqueza y abundancia en el dosel de sombra en la parcela de muestreo:

*arbol* (Nombre común del componente del dosel de sombra); *uso* (sombra, madera, leña, frutal, postes, alimento para el ganado, insecticida, medicina, ornamental); *abundanc* (Número de individuos de cada especie); *origen* (origen de cada especie, ya sea plantado o por regeneración natural). Se calcularon los índices: *richnness* (riqueza); *shannon* (índice de diversidad de Shannon); *margalef* (índice de diversidad de Margalef); *evenness* (índice

de uniformidad); *dominance* (índice de Dominancia de Simpson); *Simpson* (índice de diversidad de Simpson).

Estimación de la población de café:

*poblacio* (Cálculo del número de plantas de café por hectárea. En el centro de la parcela se establece una subparcela y se cuentan las plantas que hay en 4 hileras – dos a cada lado del centro -, con una longitud aproximada de 10 m).

Estimación del porcentaje de sombra actual:

*sombra* (Utilizando un densiómetro se mide el porcentaje de sombra en cuatro puntos de la parcela y realizando 4 lecturas por cada punto).

Descripción de los doseles de sombra:

Se realiza una descripción verbal de la estratificación vertical, alturas de los componentes, estado fenológico, homogeneidad en la distribución espacial de sombra, porcentaje máximo de sombra, regeneración natural y alguna otra observación relevante.

## 5. MANEJO AGRONÓMICO Y COSTOS

Calendario de actividades:

Se anotan los meses en que se realizan las diferentes actividades de manejo del cafetal. Estas actividades incluyen: poda, deshija, regulación de sombra, deshierba, aplicación de fertilizante foliar, fertilización edáfica, atomizo, graniteo, cosecha, resiembra). En cada mes se anota 1 si la actividad se realiza en ese mes, y 0 si no se lleva a cabo.

Costos de manejo por hectárea:

*activida* (Actividad realizada); *frecuenc* (número de veces que cada actividad se lleva a cabo en el año); *insumo* (tipo de insumo utilizado, incluyendo la mano de obra); *unidades* (unidad de medida del insumo); *cantidad* (cantidad de unidades); *precio* (costo del insumo utilizado, basado en los precios de las casas comerciales); *dh\_ha* (cantidad días-hombre); *costomo* (costo de mano de obra); *costofer* (costo por fertilización); *costoato* (costo por aplicación de plaguicidas y fungicidas); *costoher* (costo por herbicidas); *costose* (precio pagado por el caficultor al recolector); *costotal* (costo total de producción).

**Anexo 3. Usos de especies del dosel de sombra en cafetales del Pacífico de Nicaragua.**

Uso	Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	
Sombra	Acacia	<i>Senna siamea</i>	Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	
	Acetuno	<i>Simarouba glauca</i>	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	
	Aguacate	<i>Persea americana</i>	Higuera	<i>Ricinus comunis</i>	
	Búcaro	<i>Erythrina spp</i>	Jifocuabo	<i>Bursera simarouba</i>	
	Capulín	<i>Muntingia calabura</i>	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	
	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Lavaplato	<i>Solanum erianthum</i>	
	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	
	Chilamate	<i>Ficus isophlebia</i>	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	
	Copel	<i>Amphipterygium adstringens</i>	Mamey	<i>Mammea americana</i>	
	Cuernavaca	<i>Solanum bansii</i>	Musacea	<i>Musa spp</i>	
	Gavilán	<i>Albizia guachapele</i>	Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>	
	Guaba	<i>Inga sp</i>	Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i>	
	Guabillo	<i>Inga vera</i>	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	
	Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>	Tabaco monte	<i>Triplaris melanodendron</i>	
	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sonzonate	<i>Colubrina arborescens</i>	
	Maderable	Acetuno	<i>Simarouba glauca</i>	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>
		Caoba	<i>Swietenia humilis</i>	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>
Cedro		<i>Cedrela odorata</i>	Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	
Ceiba		<i>Ceiba pentandra</i>	Matasano	<i>Casimiroa edulis</i>	
Chocuabo		<i>Caesalpinia violacea</i>	Nispero	<i>Manilkara chicle</i>	
Gavilán		<i>Albizia guachapele</i>	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	
Genízaro		<i>Pithecellobium saman</i>	Teca	<i>Tectona grandis</i>	
Guachipilín		<i>Diphysa robinoides</i>	Tempisque	<i>Mastichodendrum capiri</i>	
Guanacaste		<i>E. cyclocarpum</i>	Vainillo	<i>Schizolobium atomaria</i>	
Guanacaste blanco		<i>Albizia caribaea</i>	Sonzonate	<i>Colubrina arborescens</i>	
Leña	Acacia	<i>Senna siamea</i>	Guanacaste blanco	<i>Albizia caribaea</i>	
	Acetuno	<i>Simarouba glauca</i>	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	
	Capulín	<i>Muntingia calabura</i>	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	
	Chaperno	<i>Albizia adinocephala</i>	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	
	Chilamate	<i>Ficus isophlebia</i>	Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i>	
	Copel	<i>Amphipterygium adstringens</i>	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	
	Gavilán	<i>Albizia guachapele</i>	Sangregrado	<i>Pterocarpus rohrii</i>	
	Guaba	<i>Inga spp</i>	Tabaco de monte	<i>Triplaris melanodendron</i>	
	Guabillo	<i>Inga spp</i>	Sonzonate	<i>Colubrina arborescens</i>	
	Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i>			
Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>				
Frutal	Achote	<i>Bixa orellana</i>	Mamey	<i>Mammea americana</i>	
	Aguacate	<i>Persea americana</i>	Mamón	<i>Melicoccus bijugatus</i>	
	Anona	<i>Annona reticulata</i>	Mango	<i>Mangifera indica</i>	
	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Marañón	<i>Anacardium occidentale</i>	
	Limón	<i>Citrus aurantium</i>	Melocotón	<i>Averrhoa carambola</i>	
	Mandarina	<i>Citrus nobilis</i>	Plátano	<i>Musa sp</i>	
	Coco	<i>Cocus nucifera</i>	Banano	<i>Musa sp</i>	
	Guayaba de fresco	<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>	
	Jocote	<i>Spondia mombin</i>	Zapote	<i>Pouteria zapota</i>	

**Anexo 4. Indices de diversidad de 36 fincas cafetaleras en el Pacífico de Nicaragua.**

Finca	Riqueza	Abundancia	Indices				
			Shannon	Margalef	Uniformidad	Dominancia	Simpson
1	7	420	1.60158	0.99334	0.82305	0.23628	4.23232
2	3	980	0.56060	0.29038	0.51028	0.65875	1.51802
3	9	340	1.98868	1.37246	0.90509	0.15495	6.45353
4	11	770	1.32224	1.50458	0.55142	0.45721	2.18716
5	12	440	1.98491	1.80720	0.79879	0.20066	4.98349
6	1	170	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000
7	7	470	1.47123	0.97518	0.75606	0.29592	3.37927
8	6	500	1.34593	0.80456	0.75118	0.32184	3.10710
9	7	570	0.96245	0.94553	0.49460	0.58129	1.72031
10	5	240	1.45934	0.72984	0.90674	0.25732	3.88618
11	7	710	0.93813	0.91390	0.48210	0.59077	1.69269
12	6	270	1.48698	0.89311	0.82990	0.26752	3.73803
13	5	220	0.99259	0.74162	0.61673	0.50187	1.99256
14	6	540	1.51954	0.79471	0.84807	0.25376	3.94070
15	1	150	0.00000	0.00000	0.00000	1.00000	1.00000
16	11	410	1.89622	1.66219	0.79079	0.20806	4.80625
17	10	440	1.53054	1.47862	0.66470	0.33837	2.95532
18	9	890	0.62367	1.17799	0.28384	0.76997	1.29875
19	10	450	1.88861	1.47318	0.82021	0.19129	5.22768
20	7	190	1.58874	1.14351	0.81645	0.25369	3.94182
21	5	140	1.21539	0.80945	0.75516	0.38335	2.60858
22	9	440	1.71424	1.31432	0.78019	0.24311	4.11329
23	5	250	1.24097	0.72445	0.77106	0.33815	2.95724
24	7	100	1.88670	1.30288	0.96957	0.15152	6.60000
25	8	290	1.61440	1.23459	0.77636	0.25785	3.87830
26	9	520	1.88358	1.27922	0.85725	0.17889	5.58989
27	6	260	1.17221	0.89917	0.65422	0.45352	2.20498
28	4	1830	0.37592	0.39936	0.27117	0.81172	1.23196
29	7	410	1.17025	0.99731	0.60139	0.39173	2.55275
30	8	260	1.69241	1.25884	0.81388	0.23374	4.27827
31	6	1260	0.36195	0.70039	0.20201	0.86346	1.15813
32	4	60	1.24245	0.73272	0.89624	0.32203	3.10526
33	7	1390	0.40281	0.82907	0.20700	0.84938	1.17733
34	8	150	1.87627	1.39703	0.90230	0.17673	5.65823
35	7	150	1.84139	1.19745	0.94629	0.16779	5.96000
36	10	230	1.95530	1.65500	0.84918	0.18360	5.44674



Anexo 5. Estructura canónica total de las variables (CANi) en los tres procedimientos utilizados.

Procedimiento	2			3		
	CAN1	CAN2	CAN3	CAN1	CAN2	CAN3
EDADINFO	-0.88850	-0.050160	-0.044344	0.053077	-0.163621	0.091333
EXPERIEN	-0.076846	0.236881	-0.085224	-0.026611	-0.186646	0.052366
NUMFINCA	0.355871	0.149036	-0.239458	0.233750	-0.158903	-0.083290
AREAATHA	0.320339	-0.361843	0.114517	0.715630	0.009673	-0.1147976
ATCAFEHA	0.308645	-0.526035	-0.070200	0.786037	-0.032922	-0.224852
NUMACTIV	-0.171998	-0.305174	0.113982	0.216090	0.555728	0.127675
IMPCAFET	-0.302973	-0.043480	0.240763	-0.010739	0.813136	0.075678
IAEFINCA	-0.200327	0.159933	-0.029242	-0.024217	0.212870	0.120354
VERANO	0.147076	0.028151	0.035262	-0.376802	-0.285414	-0.316651
ALTITUD	0.051747	-0.247497	-0.098806	0.469445	0.145042	-0.097492
PENDIENT	0.151893	-0.361010	0.022890	0.708236	-0.048765	-0.074072
PEDREGOS	0.247626	-0.101929	0.167240	0.505091	0.005727	-0.054581
RENDIM	0.327114	0.111331	-0.215606	0.002909	-0.255883	-0.567817
POBLACIO	-0.086479	-0.212368	-0.077750	0.498987	-0.168491	0.333483
SOMBRA	-0.023405	0.359849	0.394648	0.334541	-0.109652	0.456138
RICHNESS	0.082035	0.256922	0.447985	0.223077	-0.205259	0.566251
ABUNDANC	-0.852574	-0.004886	0.266662	-0.125125	0.675912	0.234587
SIMPSON	0.654170	0.099344	0.273073	0.322473	-0.310358	0.302688
DH_HA	0.017520	-0.349126	-0.150992	0.109628	-0.269383	-0.024533
COSTOMO	0.310041	0.051486	-0.125194	0.150335	-0.205416	-0.485402
COSTOFER	0.194788	-0.196147	-0.494229	0.383370	-0.094564	-0.379394
COSTOATO	0.133496	-0.163906	0.055676	0.196770	0.041035	-0.090445
COSTOHER	0.086284	-0.243681	-0.470661	0.110926	0.128336	-0.677777
COSTOINS	0.221452	-0.243979	-0.438958	0.417370	-0.036650	-0.416800
INGREHA	0.325504	0.087432	-0.177689	-0.038811	-0.255275	-0.558635
B_C	0.205647	0.255405	0.157608	-0.250103	-0.156376	-0.048049

EDADINFO: edad del informante; EXPERIEN: años de experiencia; NUMFINCA: número de fincas; AREAATHA: área total de la finca (ha); ATCAFEHA: área total del cafetal (ha); NUMACTIV: cantidad de usos de la tierra; IMPCAFET: importancia del cafetal para el caficultor; IAEFINCA: importancia de la finca para el productor; VERANO: número de meses de verano; PENDIENT: pendiente; PEDREGOS: pedregosidad; RENDIM: rendimiento; POBLACIO: plantas de café ha<sup>-1</sup>; SOMBRA: % de sombra; RICHNESS: riqueza; ABUNDANC: abundancia; SIMPSON: índice de diversidad de Simpson; DH\_HA: cantidad de jornales ha<sup>-1</sup>; COSTOMO: costo de mano de obra (\$/ha/año); COSTOFER: costo de fertilización (\$/ha/año); COSTOATO: costo de aplicación de productos agroquímicos para control de plagas y enfermedades (\$/ha/año); COSTOHER: costo de herbicidas (\$/ha/año); COSTOINS: costo de total de insumos (\$/ha/año); INGREHA: ingreso anual (\$ ha<sup>-1</sup>); B\_C: relación beneficio/costo.

**Anexo 6. Valores propios de los componentes y proporción de la variabilidad explicada por cada uno de ellos.**

Componente	Valor propio	Diferencia	Proporción	P. Acumulada
1	5.0840	1.2705	0.1955	0.1955
2	3.8136	0.8210	0.1467	0.3422
3	2.9925	0.4249	0.1151	0.4573
4	2.5677	0.6657	0.0988	0.5561
5	1.9019	0.2625	0.0732	0.6292
6	1.6395	0.2786	0.0631	0.6923
7	1.3609	0.1409	0.0523	0.7446
8	1.2200	0.2353	0.0469	0.7915
9	0.9848	0.2077	0.0379	0.8294
10	0.7771	0.0858	0.0299	0.8593
11	0.6913	0.1819	0.0266	0.8859
12	0.5094	0.0398	0.0196	0.9055
13	0.4695	0.0955	0.0181	0.9235
14	0.3741	0.0124	0.0144	0.9379
15	0.3617	0.0697	0.0139	0.9518
16	0.2920	0.0550	0.0112	0.9631
17	0.2370	0.0069	0.0091	0.9722
18	0.2302	0.0819	0.0089	0.9810
19	0.1483	0.0199	0.0057	0.9867
20	0.1283	0.0348	0.0049	0.9917
21	0.0936	0.0337	0.0036	0.9953
22	0.0599	0.0171	0.0023	0.9976
23	0.0428	0.0268	0.0016	0.9992
24	0.0160	0.0126	0.0006	0.9998
25	0.0034	0.0026	0.0001	1.0000
26	0.0008		0.0000	1.0000

## Anexo 7. Peso de las 26 variables en cada uno de los ocho componente principales

VARIABLE	COMPONENTES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EDADINFO	-0.00375	0.06862	0.00051	0.03737	0.08145	-0.02069	0.13331	0.14460
EXPERIEN	-0.03491	0.03849	-0.08905	-0.01655	0.13021	-0.04838	0.05437	0.09532
NUMFINCA	0.11026	0.04875	0.14004	-0.10475	0.06718	-0.09596	-0.06649	0.01204
AREATHA	0.06390	-0.02349	0.85170	-0.17681	0.07285	0.06047	0.11770	0.12727
ATCAFEHA	0.08781	0.29863	0.68494	-0.08352	0.05720	0.30354	0.09738	-0.02149
NUMACTIV	-0.24582	-0.13051	0.21458	0.08935	0.03472	-0.06198	-0.02999	-0.00957
IMPCAFET	-0.16125	-0.06329	0.09548	0.29137	-0.04846	0.01230	-0.16989	0.03518
IAEFINCA	-0.05028	-0.12822	-0.04911	0.12205	0.09389	0.07410	-0.04747	0.08216
VERANO	0.28278	-0.06680	-0.22824	-0.07892	-0.10760	-0.01287	0.03255	-0.10246
ALTITUD	-0.08447	0.28075	0.13716	-0.02481	0.18538	0.00907	0.03743	-0.07164
PENDIENT	0.01702	0.34591	0.60055	0.04161	0.40098	-0.20998	0.17034	-0.00341
PEDREGOS	0.02481	-0.08180	0.88602	-0.07982	0.03962	-0.00446	-0.03656	0.03197
RENDIM	0.95360	0.14462	0.01195	-0.07924	-0.02537	0.06233	-0.03618	-0.03223
POBLACIO	-0.00064	0.09209	0.13685	0.01605	0.93074	-0.05130	0.07434	0.07552
SOMBRA	-0.10205	-0.08499	0.09961	0.00542	0.07336	0.06689	-0.04786	0.90524
RICHNESS	-0.19027	-0.16667	0.05182	-0.03465	0.12337	0.03532	-0.12435	0.36352
ABUNDANC	-0.21270	-0.09179	-0.17335	0.89211	0.02001	0.03717	-0.05666	0.04839
SIMPSON	-0.08068	-0.08526	0.24565	-0.54269	-0.01598	0.00420	-0.24767	0.25355
DH_HA	-0.00603	0.05928	0.10801	-0.01254	0.07650	-0.04745	0.96269	-0.04572
COSTOMO	0.84693	0.19127	0.07838	-0.01647	0.04919	0.00491	0.13281	-0.03319
COSTOFER	0.30680	0.89600	0.02543	-0.07584	0.11865	0.05242	0.03603	-0.07500
COSTOATO	0.07891	0.28024	0.07233	0.03750	-0.06746	0.92853	-0.05577	0.06611
COSTOHER	0.14722	0.36880	0.03325	-0.00813	-0.17904	0.15047	-0.00089	-0.18527
COSTOINS	0.25825	0.85618	0.07562	-0.06737	0.04715	0.30495	0.00330	-0.04394
INGREHA	0.95739	0.12451	0.02685	-0.07249	-0.02305	0.06695	-0.02020	-0.07510
B_C	0.60335	-0.66147	0.05301	-0.13925	0.04121	-0.14462	-0.14347	0.00574

EDADINFO: edad del informante; EXPERIEN: años de experiencia; NUMFINCA: número de fincas; AREATHA: área total de la finca (ha); ATCAFEHA: área total del cafetal (ha); NUMACTIV: cantidad de usos de la tierra; IMPCAFET: importancia del cafetal para el caficultor; IAEFINCA: importancia de la finca para el productor; VERANO: número de meses de verano; PENDIENT: pendiente; PEDREGOS: pedregosidad; RENDIM: rendimiento; POBLACIO: plantas de café ha<sup>-1</sup>; SOMBRA: % de sombra; RICHNESS: riqueza; ABUNDANC: abundancia; SIMPSON: índice de diversidad de Simpson; DH\_HA: cantidad de jornales ha<sup>-1</sup>; COSTOMO: costo de mano de obra (\$/ha/año); COSTOFER: costo de fertilización (\$/ha/año); COSTOATO: costo de aplicación de productos agroquímicos para control de plagas y enfermedades (\$/ha/año); COSTOHER: costo de herbicidas ((\$/ha/año); COSTOINS: costo de total de insumos (\$/ha/año); INGREHA: ingreso anual (\$ ha<sup>-1</sup>); B\_C: relación beneficio/costo.

**Anexo 8. Asignación de las fincas en cada una de las tres clasificaciones realizadas.**

FINCA	CLASIFICACIÓN A PRIORI (5 TIPOS DE SOMBRA)	CLASIFICACIÓN CON TODAS LAS VARIABLES (4 CONGLOMERADOS)	CLASIFICACIÓN CON VARIABLES SELECCIONADAS (3 CONGLOMERADOS)
1	1	1	1
2	3	1	1
3	5	1	1
4	3	1	1
5	2	1	1
6	1	3	1
7	4	1	3
8	5	1	1
9	5	1	2
10	1	1	1
11	3	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	4	1	1
15	4	3	1
16	4	4	3
17	5	1	1
18	3	1	1
19	5	1	1
20	1	4	1
21	4	1	3
22	5	1	1
23	2	1	1
24	2	1	1
25	2	1	1
26	5	1	2
27	4	1	1
28	3	2	2
29	4	1	2
30	2	1	2
31	3	2	1
32	1	4	2
33	3	4	3
34	1	4	2
35	2	4	3
36	2	4	1