

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES
DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA
DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA**

RODOLFO HERRERA CASTILLO

Guatemala, noviembre de 2002

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES
DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA
DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA**

**TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

RODOLFO HERRERA CASTILLO

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

Guatemala, noviembre de 2,002

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr.	Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br.	Wener Armando Ochoa Orozco
VOCAL QUINTO	Br.	Axel Aureliano Herrera Pérez
SECRETARIO	Ing. Agr.	Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, noviembre de 2,002

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente**

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES
DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA
DEL RÍO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

RODOLFO HERRERA CASTILLO

TESIS QUE DEDICO

A: Guatemala con esperanza de desarrollo social, económico y político.

La Magna Universidad de San Carlos de Guatemala.

Caserío El Arado, Casillas, Santa Rosa. Escuelas: San Juan Talpetate y Caserío el Arado.

Gloriosa y forjadora de ciudadanos nacionalistas con conciencia humana: ESCUELA NORMAL CENTRAL PARA VARONES

EMPRESAS: IGSS (Gloria Solares), Cuencas Internacionales, MAGA (Lic. Jorge Mckey, Ing. Hugo Corzo, Ing. Marco A. Curley), IGN (Ing. Efraín López, Ing. José Manuel Sánchez), Proyectos del Campo (Ing. Edwin Américo Samayoa Rojas), NOVOTECNI, S.A. (Ingra. Mercedes Alonso, Ing. Miguel Segur Pelayo), SAGRIP, S.A. (Ing. Alfredo Conde, Mauricio Conde), CENTRO HISTORICO (Ing. Francisco Martínez, Carlos Guevara, Julio Pérez, Adan Morataya y Compañeros en general).

Familia de Salvador Estrada Garcia (Q.E.P.D) y el Ing. Inf. Jorge Salazar por su apoyo en labores de campo para este documento.

ACTO QUE DEDICO

A: La fuerza natural que origina la vida y crea lo finito y lo infinito del universo, DIOS, poder del indigente y luz de sabios.

**MIS ASESORES: Ing. Agr. José Miguel Leiva
Ing. Agr. Marco Estrada Muy
Ing. Agr. Efraín López Morales**

**MIS PADRES: JOSE LEON HERRERA y ANTONIA CASTILLO
RIGOBERTO LIMA e IRMA ELENE BONILLA**

**MI ESPOSA: IRMA CONZUELO LIMA BONILLA DE HERRERA
Por su apoyo moral y económico.**

MIS HIJAS, AHIJADOS, HERMANOS, CUÑADOS Y PRIMOS.

MIS AMIGOS DE LA FACULTAD: Jorge Mckey, Hugo Corzo, Mercedes Alonso, René Vásquez, Rolando Aragón, Carlos Cuellar Izquierdo, Patricia Ramos, NOVOTECNI, S.A.

ACTO QUE DEDICO

A: La fuerza natural que origina la vida y crea lo finito y lo infinito del universo, DIOS, poder del indigente y luz de sabios.

**MIS ASESORES: Ing. Agr. José Miguel Leiva
Ing. Agr. Marco Estrada Muy
Ing. Agr. Efraín López Morales**

**MIS PADRES: JOSE LEON HERRERA y ANTONIA CASTILLO
RIGOBERTO LIMA e IRMA ELENE BONILLA**

**MI ESPOSA: IRMA CONZUELO LIMA BONILLA DE HERRERA
Por su apoyo moral y económico.**

**MIS HIJAS: ADY SALOME HERRERA
MILLEGETTE CAROLINA HERRERA
IRMA ELENA HERRERA**

**MIS AHIJADOS: SMALE ESPAÑA HERRERA
ANGEL MANUEL GAMEZ HERRERA**

MIS AMIGOS DE LA FACULTAD: Jorge Mckey, Hugo Corzo, Mercedes Alonso, René Vásquez, Rolando Aragón, Carlos Cuellar Izquierdo, Patricia Ramos, NOVOTECNI, S.A.

CONTENIDO

	Indice de figuras	iii
	Indice de cuadros	v
	Resumen	viii
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3.	MARCO TEÓRICO	3
3.1	MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1	AGROFORESTERÍA	3
3.1.2	SISTEMA	4
3.1.3	SISTEMA AGROFORESTAL	4
3.1.4	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	5
	A. Sistema agrosilvícola	5
	B. Sistema silvopastoril	5
	C. Sistemas agrosilvopastoriles	6
3.1.5	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	6
	A. Árboles de uso múltiple	6
	B. Plantas leñosas	6
	C. Árboles pequeños	6
3.1.6	INTERACCIONES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	7
	A. Interacciones complementarias	7
	B. Interacciones neutrales	7
	C. Interacciones competitivas	7
3.1.7	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	9
3.1.8	ANÁLISIS FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	11
	A. Manejo	11
	B. Desempeño	11
3.1.9	SISTEMAS AGROFORESTALES EN GUATEMALA	12
3.2	MARCO REFERENCIAL	14
3.2.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	14
3.2.2	ASPECTOS FISIOGRAFICOS Y EDÁFICOS	15
	A. Altiplanicie	15
	B. Declive del Pacífico	15
3.2.3	ASPECTOS HIDROLÓGICOS	15
3.2.4	ZONAS DE VIDA	16
3.2.5	ANTECEDENTES	18
4.	OBJETIVOS	20
5.	METODOLOGÍA	21
5.1	ETAPA PRELIMINAR DE GABINETE	21
5.1.1	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	21

5.1.2	OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	21
5.1.3	DETERMINACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO Y TIPO DE MUESTREO	23
5.2	ETAPA DE CAMPO	23
5.2.1	ESTRUCTURA DEL SISTEMA	24
5.2.2	COMPOSICIÓN DEL SISTEMA	24
5.2.3	ARREGLO ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA	24
5.2.4	MANEJO ACTUAL DEL SISTEMA	24
5.2.5	RENDIMIENTO DEL CULTIVO	25
5.2.6	VOLUMEN DE MADERA	25
5.2.7	PERFILES Y PLANOS DEL SISTEMA	25
5.2.8	ESPECIES ANIMALES DOMÉSTICAS	26
5.3	ETAPA DE GABINETE	26
5.3.1	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	26
5.3.2	DETERMINACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PREDOMINANTES	26
5.3.3	DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	26
5.3.4	ESTADO DEL SISTEMA Y PROPUESTA DE ACCIÓN PARA LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PREDOMINANTES	27
6.	RESULTADOS	28
6.1	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES ENCONTRADOS EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO LOS ESCLAVOS	28
6.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS AGROFORESTALES ENCONTRADOS	32
6.2.1	ZONA DE VIDA BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL (TEMPLADO)	32
A.	Sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos	33
B.	Sistema silvopastoril (ganado bovino y equino pastando bajo árboles dispersos)	41
C.	Los huertos familiares	48
6.2.2	ZONA DE VIDA BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL (CÁLIDO)	55
A.	Sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos	55
B.	Sistema huertos familiares	61
6.2.3	ZONA DE VIDA BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO SUBTROPICAL	69
A.	Sistema silvopastoril	69
B.	Siembra de árboles en arreglo lineal	72
6.2.4	ZONA DE VIDA BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO SUBTROPICAL	76
A.	Sistema siembra de árboles en línea	76
7.	CONCLUSIONES	80
8.	RECOMENDACIONES	82
9.	BIBLIOGRAFÍA	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Interacciones ecológicas en un sistema agroforestal	8
Figura 2.	Ubicación geográfica de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	14
Figura 3.	Mapa de cobertura aerofotográfica de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1991.	22
Figura 4.	Mapa de zonas de vida y puntos de muestreo de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1997.	22
Figura 5.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	35
Figura 6.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	35
Figura 7.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos (ciprés) de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	36
Figura 8.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos (ciprés) de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	36
Figura 9.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.	44
Figura 10.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.	45
Figura 11.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huerto familiar de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.	51
Figura 12.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huerto familiar de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.	51

Figura 13.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huerto familiar de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.	52
Figura 14.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huerto familiar de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.	52
Figura 15.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.	57
Figura 16.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.	57
Figura 17.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.	64
Figura 18.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	65
Figura 19.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	70
Figura 20.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	71
Figura 21.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal siembra de árboles en arreglo lineal de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.	74
Figura 22.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal siembra de árboles en arreglo lineal de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.	74
Figura 23.	Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal siembra de árboles en arreglo lineal de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1998.	77

Figura 24.	Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal siembra de árboles en arreglo lineal de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1998.	78
------------	---	----

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Uso potencial del suelo de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	15
Cuadro 2.	Zonas de vida de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	16
Cuadro 3.	Características biofísicas de las zonas de vida presentes en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	17
Cuadro 4.	Hojas cartográficas que incluyen la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	21
Cuadro 5.	Sitios de muestreos de la zona de vida de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos	23
Cuadro 6.	Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los esclavos, año 2001.	29
Cuadro 7.	Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	30
Cuadro 8.	Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	31
Cuadro 9.	Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	32
Cuadro 10.	Especies de árboles encontradas en el sistema agroforestal, café bajo sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	34

Cuadro 11.	Rendimientos producción de café maduro, en relación al nivel tecnológico; cultivado bajo sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	vi 37
Cuadro 12.	Volumen de especies maderables café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	40
Cuadro 13.	Especies de pastos que se identificaron en el sistema silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	42
Cuadro 14.	Especies arbóreas predominantes en las áreas silvopastoriles de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	43
Cuadro 15.	Aprovechamiento de tipo animal en el sistema silvopastoril, según su destino: comercial o subsistencia para la población de la zona de vida bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	43
Cuadro 16.	Volumen de madera estimada en m ³ /ha en el sistema silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	46
Cuadro 17.	Relación de rendimientos de madera del sistema silvopastoril y en café con sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	48
Cuadro 18.	Composición arbórea de los huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los esclavos, año 2001.	49
Cuadro 19.	Cultivos o arbustos de la composición de los huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	50
Cuadro 20.	Volumen de madera estimada en huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	54
Cuadro 21.	Composición arbórea del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	56

Cuadro 22.	Rendimiento de los cultivos en relación al nivel tecnológico de la producción de café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	59
Cuadro 23.	Volumen de madera del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	60
Cuadro 24.	Composición arbórea del sistema huerto familiar en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	62
Cuadro 25.	Composición de cultivos del sistema huerto familiar en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	63
Cuadro 26.	Principales animales que forman el sistema huerto familiar de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	63
Cuadro 27.	Volumen de madera estimado en el sistema huerto familiar de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	68
Cuadro 28.	Volumen de madera estimada en el sistema silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Montano Bajo de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	72
Cuadro 29.	Composición arbórea del sistema agroforestal siembra de árboles en línea de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Montano Bajo de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	73
Cuadro 30.	Volumen de madera del sistema agroforestal siembra de árboles en línea de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Montano Bajo de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	75
Cuadro 31.	Volumen de madera estimado en el sistema agroforestal siembra de árboles en línea de la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.	79

CARACTERIZACION DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RIÓ LOS ESCLAVOS, GUATEMALA.

CHARACTERIZATION OF THE AGROFOREST SYSTEM ON THE HIGHEST PART OF THE WATERSHED RIO LOS ESCLAVOS, GUATEMALA.

RESUMEN

En el área de estudio, la cual es la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, con existencia de sistemas agroforestales, sin información alguna de estos sistemas, siendo esta información necesaria para asentar las bases de futuros proyectos, con propósitos de conservación, mejoramiento y provecho del asocio de cultivos, árboles, animales y/o pastos. Paralelo a esta situación se aprecia el bosque amenazado por el avance de la frontera agrícola y el impacto ambiental que provocan los cultivos limpios en pendientes pronunciadas sin prácticas de conservación de suelos, por lo tanto fue propicio el planteamiento de este trabajo de investigación, en el cual se clasificaron, se describieron y se propusieron acciones para mejorar los sistemas agroforestales de la región (1).

El procedimiento que fue factible para llevar a cabo este trabajo, contempló tres fases: fase preliminar de gabinete, fase de campo y segunda fase de gabinete. En la fase inicial de gabinete se delimitó el área de estudio, obteniendo, procesando y analizándose la información secundaria (mapas, fotografías aéreas), para luego determinar los sitios de muestreo, donde se obtuvieron los datos de campo en cuanto a composición del sistema, estructura, manejo actual del sistema, servicios y productos y, levantamiento de perfiles y planos; y la segunda fase de gabinete se organizó la información recopilada, útil en la clasificación de los sistemas agroforestales, determinación de los sistemas predominantes y para una propuesta de mejora de los sistemas, de acuerdo al estado actual de cada uno de ellos.

La información generada es producto de los elementos recabados de acuerdo a una metodología definida que permitió la estructura de los resultados que implica, cuadros de clasificación de los sistemas por zona de vida, descripción de los sistemas predominantes que corresponden a las categorías agrosilvícola: café con sombra de árboles diversos, silvopastoril (ganado bovino y equino pastando bajo árboles dispersos) y agrosilvopastoril (huertos familiares).

El sistema café con sombra de árboles diversos y huertos familiares se determinó su predominancia de dos zonas de vida: a) Bosque Húmedo Subtropical Templado y 2) Bosque Húmedo Subtropical Cálido, el sistema silvopastoril al igual que el anterior en dos zonas de vida: 1) Bosque Húmedo Subtropical Templado y 2) Bosque Húmedo Montano bajo Subtropical; el sistema sin siembra de árboles en línea (cortinas rompevientos, cercos vivos y cinturones de protección) de igual número de zonas de vida: 1) Bosque Húmedo Montano bajo Subtopical y 2) Bosque muy Húmedo Montano bajo Subtropical.

En base a la información anterior se recomienda efectuar el estudio complementario de caracterizar los sistemas agroforestales de la parte baja de la cuenca, implementar y desarrollar los sistemas orgánicos de producción agroforestal, en los cuales se busca la explotación sostenible y racional de productos como: café, frutas, plantas medicinales o especias, hortalizas u otro propio de poseer un potencial productivo en la región y en especial el sistema café con sombra de árboles diversos, recuperarlos, promoverlos con incentivos a través de la valoración en cuanto a la fijación de bióxido de carbono y producción de oxígeno limpio, mediante una estrategia institucional entre la asociación Nacional del Café (ANACAFE) e Instituto Nacional de Bosques (INAB).

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país existe muy poco conocimiento sobre la situación actual y las potencialidades de los sistemas agroforestales, especialmente de aquellos que en forma natural o espontánea existen en las partes altas de cuencas, en virtud de su desempeño estratégico para contribuir a una producción sostenible en armonía con el medio natural .

Esta situación motivó a realizar el presente estudio en la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos, la cual está ubicada, entre las coordenadas, del rectángulo geográfico: de Latitud Norte 14°13' y 14° 35' y Longitud Oeste de 90°03' y 90° 21', comprendiendo un área de 966.40 km² con un uso de la tierra tanto agrícola como agroforestal, ganadera y agroindustrial, en una fisiografía de relieve ondulado a escarpado que vierte hacia el océano Pacífico, y es amenazada con el avance de la frontera agrícola en forma muy progresiva (1).

El estudio es de naturaleza fundamentalmente descriptiva, en el cual se propone una caracterización de los Sistemas Agroforestales existentes, con el propósito de generar conocimiento básico que permita en siguientes estudios desarrollar tecnologías apropiadas que garanticen una producción agrícola sostenible con árboles y animales, la protección de la cuenca y sus recursos naturales y la implementación de sistemas de producción innovadores formadores de ecosistemas sostenibles que proporcionen bienes y que satisfagan las necesidades básicas de las actuales y futuras generaciones de la región.

En tal sentido, el presente trabajo permitió clasificar los sistemas agroforestales existentes en la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos, describir los sistemas predominantes y proponer acciones para mejorar el desempeño de los mismos.

Este proyecto se diseñó en el año 1997. Se realizó la primera fase de gabinete con la interpretación del material cartográfico, luego se levantó la información definitiva en campo de 1998 para 2001 y en los años de 2001 al 2002 se llevó a cabo la segunda fase de gabinete donde se organizó y analizó la información para la elaboración del informe final.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Guatemala es una región que presenta divisiones fisiográficas con áreas de relieves ondulados, quebrados y escarpados; cuya vocación predominante es de tipo forestal. No obstante en las últimas décadas la frontera agrícola ha avanzado vertiginosamente basada en cultivos limpios y ganadería, cuyo impacto ambiental a redonda en una cobertura forestal que se reduce, deteriorándose asimismo los recursos naturales existentes y en consecuencia la calidad de vida de las poblaciones humanas que dependen de tales recursos.

Los sistemas agroforestales constituyen alternativas para reducir los impactos ambientales deletéreos causados por el avance la frontera agrícola, así como para disminuir la presión sobre las áreas de cobertura forestal y de protección de cuerpos de agua. (1,4,7)

Al no encontrarse estudio alguno sobre los sistemas agroforestales de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos fue necesario el plantear el presente trabajo de investigación sobre la caracterización de los sistemas agroforestales predominantes, como base de futuros proyectos orientados a mejorar tales sistemas en cuanto a su producción agrícola, silvícola y ganadera. Asimismo el presente estudio permitió generar información básica sobre el arreglo espacial, composición, estructura, manejo, rendimientos, volúmenes de madera y ubicación de los sistemas agroforestales predominantes en cada zona de vida de la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos. (1)

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 AGROFORESTERÍA

Es la denominación colectiva para todos los sistemas y prácticas de uso de la tierra donde plantas leñosas perennes se siembran deliberadamente en la misma unidad de tierra como cultivos agrícolas y/o animales, en combinaciones espaciales o en secuencia temporal. Deberá haber una interacción ecológica y económica importante entre los componentes leñosos y no leñosos (14). Las principales ventajas de la agroforestería son las siguientes (22):

La agroforestería combina la producción y el servicio. Los principales productos de los árboles de usos múltiples son los combustibles leñosos, forraje y alimentos. Otros productos, que se encuentran menos frecuentemente, incluyen las sustancias médicas, gomas, resinas, taninos, aceites esenciales, fibras y ceras. Así mismo entre los principales roles de servicio se tienen la conservación del suelo, control de la erosión (presencia de una capa permanente de suelo, efecto de barrera contra la corriente), mantenimiento de la fertilidad del suelo (incorporación de materia orgánica en el suelo, transportación de nutrientes desde las capas profundas del suelo a través de las raíces de los árboles, estos nutrientes mejoran entonces las cosechas a través del desecho vegetal) o el mantenimiento de las propiedades físicas del suelo (22).

La agroforestería propicia creación de un microclima, que puede ser benéfica para ciertas plantas y animales, entre ellos las modificaciones de luz, temperatura, humedad o viento, pueden también ayudar a combatir la proliferación de malezas.

La habilidad para combinar la producción y la conservación de recursos da a la agroforestería su innegable cualidad de sustentabilidad (22). Del mismo modo la combinación de varios tipos de productos que son de subsistencia y de generación de ingresos ayuda a los agricultores a satisfacer sus necesidades básicas y minimizar el riesgo del fracaso total del sistema de producción (19).

Aunque la agroforestería no es un ideal a priori para la solución de todos los problemas del desarrollo rural, la asociación de árboles y de otros componentes agrícolas proveen de muchos

beneficios que ayudan a resolver los problemas bien conocidos de determinadas zonas ecológicas del trópico o subtrópico (22).

3.1.2 SISTEMA

Un sistema es un conjunto de elementos relacionados o una manera de establecer un modelo basado en una situación real. Su objetivo es agrupar componentes de una manera organizada y simplificada. Un grupo de componentes interdependientes forman una unidad y funcionan juntos. La herramienta “sistema” ayuda a comprender la realidad y permite que se enfatizen factores importantes. Cuatro características deben ser definidas en cualquier sistema (19):

Los límites pueden ser naturales o artificiales y definen claramente lo que es endógeno y exógeno con relación al sistema. El sistema, es de este modo definido por la presencia de ciertos componentes.

La estructura es la disposición espacial y temporal de los componentes endógenos del sistema. Muestra cómo los diferentes componentes del sistema están dispuestos con relación a otros. Si no se encuentran todos simultáneamente, especifica cual es su secuencia temporal.

La función del sistema se refiere a la relación entre los insumos y productos. Insumo y producto es cualquier elemento que puede ser alimentado al sistema o generado por él. La función del sistema se detalla en términos de manejo y productividad: el manejo es la forma en que los insumos (inversiones) se convierten en productos. La productividad o desempeño es la relación cuantificada entre insumos y productos. El estado indica si el sistema está desarrollándose, si es estable o está en declinación (19).

3.1.3 SISTEMA AGROFORESTAL

Un sistema agroforestal se puede definir como un “conjunto de componentes agroforestales interdependientes (árboles con cultivo/animales) representando un tipo común de uso de la tierra en cierta región” (18, 19).

Según Combe y Budowski (3), un sistema agroforestal, es la integración de las técnicas sobre el manejo y uso de la tierra, implica la combinación de árboles, ya sea con la ganadería, o con los cultivos.

La combinación puede ser simultánea, escalonada en el tiempo y en el espacio. Esto tiene por objeto optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio del rendimiento sostenido.

3.1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

El análisis estructural de los sistemas agroforestales, que es el más ampliamente utilizado, permite una clasificación simple en base a los tres principales componentes agroforestales, árboles, cultivos y animales (o pastizales). La clasificación se basa en la naturaleza y en la presencia de estos componentes de la manera siguiente: (3, 11, 16)

A. Sistema Agrosilvícola

Agrosilvicultura (Taungya)

Árboles de valor en los cultivos

Árboles frutales en los cultivos

Árboles productores de sombra en los cultivos y/o mejoradores de la fertilidad del suelo.

Piscicultura en bosques de manglar

Cercos vivos

Cortavientos

Árboles sobre bordes de estanques piscícolas (3,11,16)

B. Sistema Silvopastoriles

Pastoreo (o producción de forraje) en plantaciones forestales

Pastoreo (o producción de forraje) en bosques secundarios

Árboles de valor en pastizales

Árboles de aserrío en pastizales, mejoradores de la fertilidad del suelo por la fijación de nitrógeno.

Árboles de sombra en pastizales y/o mejoradores de la fertilidad del suelo

Árboles productores de forraje

Árboles frutales en pastizales

Cercos vivos

Cortavientos (3,11,16)

C. Sistemas Agrosilvopastoriles

Cultivos y ganadería simultánea en plantaciones

Árboles asociados a los cultivos y ganadería

Cercos vivos alrededor de comunidades rurales.

Huertos familiares (3,11,16).

3.1.5 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Los principales componentes de los sistemas agroforestales son (19): El suelo el cual corresponde a un tipo de uso de la tierra; los árboles, cultivos y los animales/pastizales. El hombre desempeña un rol deliberativo sobre la estructura y la función de los componentes del sistema.

A. Árboles de uso múltiple

Son aquellos que desempeñan funciones directas en el sistema de producción tales como: producción de madera, fruta, forraje, abono verde o sustancias médicas; y funciones indirectas como: proveer sombra para las plantas sensibles a la luz, controlar la erosión, mejorar la infiltración del agua a través del sistema profundo de raíces, fijar el nitrógeno de la atmósfera que enriquece al suelo, eliminación de malezas, además de la importante función sociocultural que el árbol desempeña en muchas civilizaciones. En esencia se considera que los árboles de uso múltiple son aquellos que se cultivan deliberadamente, se conservan o se manipulan para más de un uso, ya sea de producción o de servicio (12, 21).

B. Plantas leñosas

También llamadas plantas lignarias, son aquellas que contienen lignina, una sustancia orgánica que impregna y une las células y fibras de la planta, cuyos tejidos están arreglados de tal manera que toman las características de la madera. Las plantas leñosas, con raras excepciones son perennes. En agroforestería se considera que el bambú (*Bambusa spp.*), es una planta perenne leñosa, aunque no contienen lignina (19).

C. Árboles pequeños

Son plantas perennes leñosas de un solo tallo, que tienen menos de 7 metros de alto.

Arbustos: son plantas pequeñas, generalmente leñosas con varios tallos.

Matorral: son arbustos bajos que presentan una densa ramificación.

Plantas de temporal: son generalmente herbáceas y a menudo se les llama cultivos o cultivos anuales debido a una analogía con los países templados donde la temporada de cultivo es anual (19).

3.1.6 INTERACCIONES DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Según Torquebiau (19), la yuxtaposición de los diferentes componentes agroforestales para que sea benéfica debe tener un efecto positivo en todo el sistema de uso de la tierra, por medio de las interacciones ecológicas o económicas. No obstante las interacciones pueden ser positivas o negativas.

A. Interacciones complementarias

Son aquellas en donde la presencia de un componente aumenta el rendimiento del otro.

B. Interacciones neutrales

Son aquellas que ocurren cuando en una interacción, un componente no tiene efecto sobre el otro.

C. Interacciones competitivas

Son las interacciones que producen un efecto cuando la presencia de un componente reduce el rendimiento del otro (19). El objetivo de la agroforestería es identificar interacciones positivas y maximizarlas, y reducir las negativas.

Tal como se observa en la figura 1, las principales interacciones ecológicas son: el clima (luz, temperatura, humedad, viento), el suelo (materia orgánica, nutrientes, erosión), los recursos biológicos (plantas y animales) y el espacio disponible para el crecimiento.

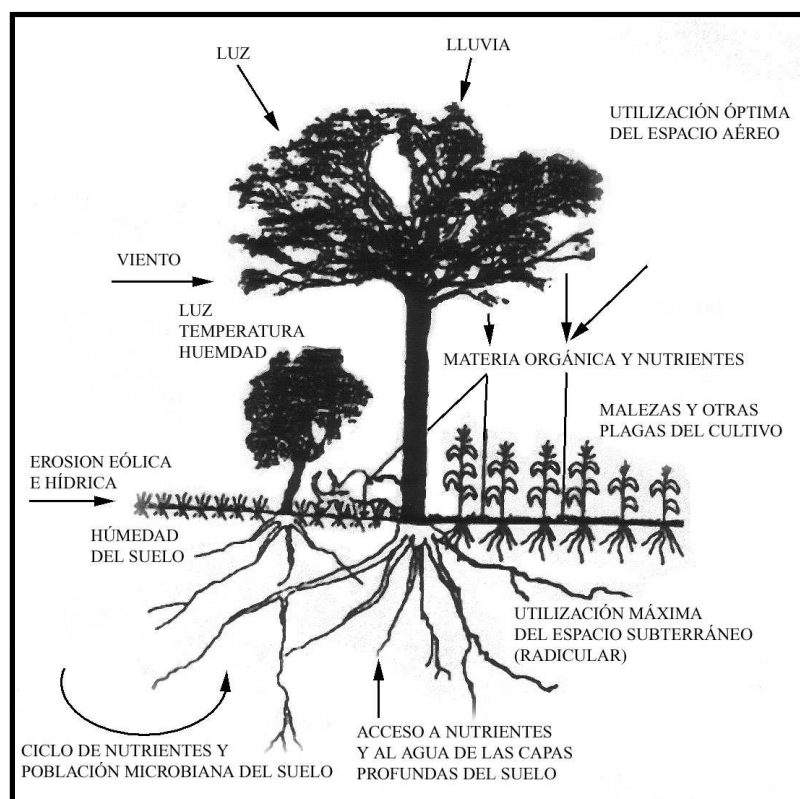


Figura 1. Principales Interacciones ecológicas en un sistema agroforestal (19).

Las interacciones positivas o negativas entre árboles y cultivos pueden traducirse en términos económicos. El área donde el árbol interactúa directamente con los cultivos (no siempre negativamente) se le llama interfase de cultivo/árbol, encontrándose que aunque la interacción es negativa entre árboles y cultivos, los árboles pueden tener un impacto positivo en los rendimientos de los cultivos, controlando la erosión de la parcela o mejorando la fertilidad del suelo. Es más probable que la interacción entre árboles y cultivos cambie a través del tiempo. Una asociación puede tener interacciones negativas o neutrales al principio, pero estas pueden pronto convertirse en positivas, por ejemplo la fertilidad del suelo puede mejorarse y la erosión controlarse a través de la presencia de los árboles. Las interacciones entre cultivos y animales no son suficientes para construir un sistema agroforestal del uso de la tierra: la presencia de perennes leñosas es necesaria para que el sistema se considere agroforestal. El cultivo mixto no es agroforestería (aunque parte del amplio conocimiento que existe de cultivos mixtos se pudiera aplicar a la agroforestería). En términos técnicos la agroforestería es una ciencia que se distingue a sí misma de la silvicultura como de la agricultura. Su objetivo es optimizar interacciones positivas

entre los componentes leñosos y no leñosos, de tal manera que el sistema de producción pueda ser sostenible y diversificado que el enfoque convencional bajo las condiciones agroecológicas y socioeconómicas dadas (13).

3.1.7 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Según Huxley (11) y Nair (16), el análisis estructural de los sistemas agroforestales, que es el que más ampliamente se utiliza, permite realizar una clasificación simple plasmada en las principales tecnologías agroforestales propuestas por Young (22).

En el arreglo o disposición son tomados en cuenta los aspectos: espacio y tiempo. La disposición espacial tiene que ver con la ubicación física de los componentes en la parcela y el arreglo es generalmente descrito de acuerdo con los componentes maderables (árboles) y no maderables.

Los principales tipos de arreglo o disposición de los componentes se describen en las categorías siguientes Huxley (11) y Nair (16):

A. Disposición mixta

Los diferentes componentes no están geométricamente arreglados o dispuestos, pero aparecen de manera irregular (11,16).

B. Disposición zonal

Los diferentes componentes están geométricamente arreglados; filas de árboles y cultivos en callejones, rompevientos, cetos vivos, filas de árboles en elevaciones de terrazas (11,16).

C. Disposición densa

Los componentes están juntos estrechamente en la condición de un jardín boscoso o en un cultivo de callejón (alley cropping o alley farming) (11,16).

D. Disposición dispersa

Los componentes están lejos unos de otros: árboles aislados en una pradera (11,16).

E. Disposición simple

Hay una sola capa de árboles, es decir un solo estrato (11,16).

F. Disposición multiestratos

Hay varias capas de árboles (11,16).

F. Disposición simultánea

Los diferentes componentes están presentes en la misma parcela simultáneamente (11, 16).

G. Disposición secuencial

Los diferentes componentes no están presentes en la parcela simultáneamente, van unos detrás de otros. De esta se derivan las siguientes disposiciones (11, 16):

H. Disposición separada o de relevo

Los componentes leñosos o no leñosos no se sobreponen en tiempo (11,16).

I. Disposición de sobreposición

Los ciclos de cultivo de los componentes leñosos y no leñosos se sobreponen parcialmente. Cualquiera puede estar presente primero (11,16).

J. Disposición intermitente o interpolada

El componente leñoso está siempre presente y el componente no leñoso está presente solo durante ciertos períodos (11, 16).

K. Disposición concomitante

El componente leñoso está siempre presente y el componente estacional o de temporada está solo presente al final del ciclo del cultivo (11,16).

3.1.8 ANÁLISIS FUNCIONAL DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Para analizar un sistema desde el punto de vista funcional debemos identificar los insumos y los productos. Generalmente se distingue entre las categorías insumos y productos biofísicos y socioeconómicos. Los insumos y productos biofísicos son bienes gratuitos desde el punto de vista del agricultor como la lluvia, la energía solar, el nitrógeno fijado por los nódulos de la raíz, la sombra y el control de la erosión. Los insumos y productos económicos son aquellos que se pueden comprar y vender o cuantificar en términos monetarios (19).

A. Manejo

El término manejo implica los métodos usados para convertir los insumos en productos. En términos más simples, es lo que el agricultor debe hacer con sus plántulas para que se conviertan en árboles que provean buena leña, fijen el nitrógeno y para que sus productos se conviertan en semillas o frutos. Para manejar sus tierra los agricultores tienen recursos. Estos recursos son los insumos del sistema. La decisión del agricultor puede ejercer influencia sobre algunos recursos y no sobre otros. Por ejemplo no puede controlar la cantidad de lluvia o energía solar, pero puede asegurarse de que las plantas estén dispuestas y manejadas de tal manera que se beneficien o de lo contrario que sufran menos. Manejar el sistema consiste en decidir donde, cuando y como usar recursos disponibles (2, 19).

B. Desempeño

El desempeño del sistema es la relación cuantificada entre insumos y productos o la proporción insumo/producto. Es una medida de la eficiencia del sistema. Generalmente se distingue entre desempeño técnico y socioeconómico. La eficiencia biológica o ecológica de un sistema es parte de un desempeño técnico, por ejemplo, lo que es la producción total de biomasa por hectárea o lo que es la relación entre insumos energéticos y productos. Para el desempeño económico, uno debe tomar en cuenta el valor comercial y los insumos y productos, incluyendo bienes o productos de sustancias que son reinvertidos en el sistema. Estos deben ser cuantificados en términos monetarios. El desempeño social es un concepto más abstracto y delicado de cuantificar, pero muy importante. Es una cuestión de evaluar el impacto del sistema sobre el bienestar de las poblaciones. La satisfacción de las familias o comunidades o la conducta de un grupo de la población después de adoptar un nuevo sistema son factores que pertenecen al desempeño social (19).

3.1.9 SISTEMAS AGROFORESTALES EN GUATEMALA

En Guatemala ocurren casos de agroforestería, especialmente en cultivos tales como el cardamomo *Elettaria cardamomum*, vainilla *Vanilla fragans*, café *Coffea arabica*, marañón *Anacardium sp.*, hule *Hevea sp.* y el tradicional sistema de pino *Pinus sp.* con cultivos anuales. Algunas especies forestales han sido utilizadas por los mismos agricultores para leña, alimento (fruto), y forraje para ganado (13).

Leiva (13), reporta las siguientes asociaciones:

- A. *Pinus sp.* – *Zea mays* y otros cultivos como: trigo *Triticum vulgare*, papa *Solanum tuberosum*, maní *Arachis hipogaea* y fresa *Fragaria sp.* practicado en Chimaltenango, Sololá, Quiché, Quetzaltenango y San Marcos.
- B. Cardamomo *Elettaria cardamomum*, con sombra practicado en Alta Verapaz, Escuintla, Baja Verapaz, Santa Rosa, Suchitepéquez y Retalhuleu, utilizando especies arbóreas como: pino *Pinus sp.*, Liquidambar *Liquidambar sp.*, cocobo *Perymenium grande*, hormigo *Platymisium sp.*, zapote *Pouteria zapota*, y madre cacao *Gliricidia sepium* (13).
- C. Hule *Hevea sp.* – cultivos, como banano *Musa sapientum*, platano *Musa paradisiaca*, cacao *Theobroma cacao* y café *Coffea arabica* observados en Guatemala (13).
- D. Jocote marañón *Anacardium sp.* – cultivos como frijol *Phaseolus vulgaris*, camote *Ipomea batata L.*, sandía *Citrullus vulgaris*, maíz *Zea mays L.*, y sorgo *Sorghum bicolor* (13).
- E. Vainilla *Vanilla fragans* con sombra. Practicado en el trópico húmedo. Especies arbóreas asociadas: cuje *Inga sp.*, banano y plátano *Musa sp.*, madre cacao *Gliricida sp.*, pito *Erythrina sp.* (13).
- F. Café *Coffea arabica* con sombra. Especies arbóreas asociadas: cuje *Inga sp.*, grabillea *Gravillea robsuta*, madre cacao *Gliricidia, sp.*, pito *Erythrina sp.*, gandul *Cajanus cajans*, tefrosia *Tephrosia sp.*, crotón *Crotalaria sp.* *Terminalia sp.*, matilsguate *Tabebuia rosea*, encino *Quercus sp.*, y nogal *Juglans regia* (13).

Martínez (15), reporta los siguientes sistemas de agroforestería en diversas regiones del país:

- G. *Caesalpinia velutina* con *Zea mays L.*; leucaena *Leucaena leucocephala* con maíz *Zea mays L.*;

madre cacao *Gliricidia sepium* con maíz *Zea mays* L.; hule *Hevea brasiliensis* con maíz *Zea mays* L.; *Terminalia oblonga* como sombra de cacao *Theobroma cacao*; madre cacao *Gliricidia sepium* como sombra en café *Coffea arabica*; laurel *Cordia alliodora* en pastizales.; cuje *Inga sp.* como sombra de cafetales, en la costa sur. (15)

- H. En la zona seca Oriental, *Caesalpineia velutina* con maíz *Zea mays*; madre cacao *Gliricidia sepium*, *Cassia siamea*, *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis juliflora* y *Acacia auriculiformis* con maíz *Zea mays* (15).
- I. Como cercos vivos, Madre cacao *Gliricidia sepium*; palo jiote *Burcera simaruba* en zonas secas; *Guazuma ulmifolia*, Teca *Tectona grandis*, *Cydistax Donellsmithii*, ciprés *Cupressus lusitanica*, eucalipto *Eucalyptus sp.*, pino *Pinus sp* (15).
- J. Árboles con forraje, Leucaena *Leucaena leucocephala*; madre cacao *Gliricidia sepium*, caulote *Guazuma ulmifolia*. (15)
- K. Árboles de sombra en pastizales, Upay *Pithecellobium saman*, conacaste *Enterolobium cyclocarpum*, laurel *Cordia alliodora*, caulote *Guazuma ulmifolia* y otras (15).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, está ubicada dentro de la vertiente del océano Pacífico. La figura 2 muestra que el área de estudio se encuentra localizada entre las coordenadas geográficas correspondientes a Latitud Norte $14^{\circ} 13'$ y $14^{\circ} 35'$ y Longitud Oeste de $90^{\circ} 03'$ y $90^{\circ} 21'$. Se localiza esta región en la parte suroriental de Guatemala; abarcando la mayor área del departamento de Santa Rosa, específicamente los municipios de San Rafael Las Flores, Casillas, Santa Rosa de Lima, Nueva Santa Rosa, Barberena, Oratorio, Santa Cruz Naranjo, Cuilapa y Santa María Ixhuatán, además abarca áreas menores de los departamentos de Jutiapa (municipio de Jutiapa, Quezada, San José Acatempa), Jalapa (con los municipios de San Carlos Alzatate y Mataquescuinla) y Guatemala (con los municipios de San José Pinula y Fraijanes). La parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos comprende 966.40 Km^2 (96,640 hectáreas), esto corresponde al 43% del área total de la cuenca que es de $2,250 \text{ Km}^2$ (1,7).

El rango altitudinal de la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos, está de 700 a 2,706 msnm, la precipitación pluvial ocurre en un rango de 700 a 1,650 mm. (siendo sus períodos de menor precipitación desde noviembre hasta el mes de abril y en los mayores desde mayo hasta el mes de octubre). La temperatura se mantiene en condiciones de 15 a 25°C (8, 10).

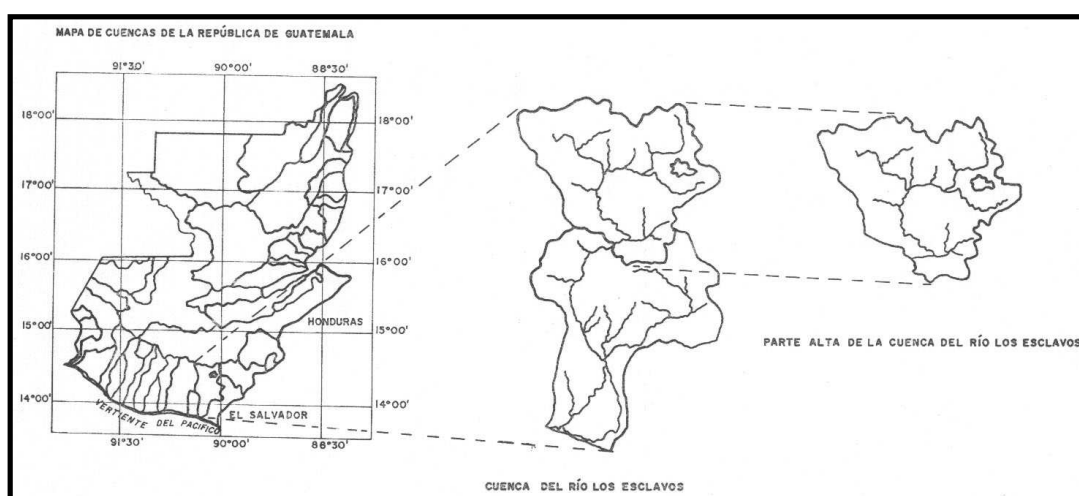


Figura 2. Ubicación geográfica de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos.

3.2.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS Y EDÁFICOS

El área de estudio forma parte de dos divisiones fisiográficas, las cuales son:

A. Altiplanicie

Esta división fisiográfica está constituida por un relieve que se aprecia desde plano a fuertemente ondulado, caracterizada por presentar barrancos angostos y escarpados, en muchas partes los materiales son lodo volcánico, y una pequeña parte esta cubierta con suelos o refinadas ceniza volcánica (7).

B. Declive del Pacífico

Consiste generalmente una llanura inclinada y principalmente en un sistema de abanicos aluviales, formados durante períodos de actividad volcánica intensa (7).

Según Simmons et. al. (17) las series de suelos encontradas en la parte alta del río Los Esclavos son: Suelos Alazate (Ae), Ayarza (Ay), Barberena (Bb), Cananchá (Cm), Fraijanes (Fr), Jalapa (Jl), Jilotepeque (Ji), Mongoy (Mg), Moran (Mr), Pacaya (Pa), Pinula (Pi), Salamá (Sl), y Sansare (Ss) (17).

Asimismo, según Alvarado 1979 (1), en el área de estudio se encuentran las clases agrológicas de la I a al IV en el 11.2 % de la superficie, tal como se describe en el cuadro 1.

Cuadro 1. Uso potencial del suelo de la parte alta de la Cuenca del Río Los Esclavos.

CATEGORÍA DE USO O USO POTENCIAL	CLASES	EXTENSIÓN Km ²	ÁREA %
a. Agrícola	I a IV	108.24	11.20
b. Con factores inhibitorios	V	63.734	6.60
c. Frutales, bosque y pasto	VI y VII	581.31	60.15
d. Bosque y vida silvestre	VIII	213.12	22.05

3.2.3 ASPECTOS HIDROLÓGICOS

El principal río de la cuenca, es el río Los Esclavos, el cual tiene una longitud de 144.3 kms., desde su nacimiento hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Sus principales afluentes son: río Pinula (28.9 kms. de longitud) río Las Cañas (32.65 kms. de longitud) y río San Antonio (34.1 kms. de

longitud). Todos estos son afluentes de la parte alta de la cuenca, ya que en la parte baja se encuentra el río Margarita (1, 7).

El río Los Esclavos, según registros de la estación hidrométrica La Sonrisa, situada en el extremo inferior del área estudiada, reporta un caudal promedio anual de $15.8 \text{ m}^3/\text{seg}$ (1).

En la parte superior del área de estudio, está ubicada La laguna de Ayarza, la cual posee 14 kilómetros cuadrados de extensión. Esta laguna se comporta como una microcuenca, no teniendo afluentes superficiales, sino únicamente subterráneos (1).

3.2.4 ZONAS DE VIDA

En el cuadro 2 se describen las zonas de vida de Holdridge para la zona en estudio, cuyas características climáticas y biofísicas se presentan sintetizados en el cuadro 3 (4).

Cuadro 2. Zonas de Vida de la Parte Alta de la Cuenca del Río Los Esclavos y área de cobertura.

ZONA DE VIDA	AREA Km²	AREA Ha	AREA %
Bosque Húmedo Subtropical (templado) bh-S (t)	660.73	66,073	68.37
Bosque Húmedo Subtropical (cálido) bhS (c)	174.45	17,445	18.05
Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical bh-MB	93.32	9,332	9.66
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical bmh-MB	37.90	3,790	3.92
TOTAL	966.40	96,640	100

Cuadro 3. Características biofísicas de las zonas de vida presentes en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos (4)

ZONA DE VIDA	CONDICIONES CLIMÁTICAS	TOPOGRAFÍA Y VEGETACIÓN
Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical bh-MB	Patrón de lluvias varía entre 1,057 mm y 1,588 mm, con un promedio de 1,344 mm de precipitación anual. Las biotemperaturas van de 15 °C a 23 °C. Evapotranspiración estimada en promedio de 0.75	Topografía plana dedicada a cultivos agrícolas; área accidentada cubierta de vegetación. Elevación desde 1,500 a 2,400 msnm. Especies indicadoras: <i>Quercus</i> sp., <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Pinus montezumae</i> , <i>Jap juniperus</i> , <i>Ostrilla</i> sp., <i>Carpinus</i> sp., <i>Prunus capali</i> , <i>Prunus xalapensis</i>
Bosque Húmedo Subtropical (templado) bh-S(t)	Período de precipitación de mayo a noviembre, oscilando entre 1,100 a 1,349 mm anual. La biotemperatura media anual varía entre 20 °C a 25 °C. La evapotranspiración potencial se estima en promedio 1.0.	Relieve ondulado a accidentado y escarpado. Especies indicadoras: <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Curatella americana</i> , <i>Quercus</i> sp., <i>Byrsonima crasifolia</i>
Bosque Húmedo Subtropical (cálido) bh-S(c)	El patrón de lluvia varía entre 2,136 a 4,328 mm.; promediando 2,650 mm de precipitación anual. La biotemperatura oscila de 21 °C a 25 °C La evapotranspiración potencial se estima en promedio 0.45	Topografía desde plana hasta accidentada. La elevación varía de 80 a 1,600 msnm. Especies indicadoras: <i>Cybistax Donnell-Smith</i> , <i>Terminalia oblonga</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Sichingia salvadorensis</i> , <i>Uripharis melaenodendrum</i>
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical bmh-MB	Patrón de lluvia varía de 2,065 a 2,650 mm anual. La biotemperatura oscila entre 12.5 a 18.6 °C. La evapotranspiración en 0.35	El relieve es accidentado, la elevación va de 1,800 a 2,706 msnm. Especies indicadoras: <i>Cupressus lusitanica</i> , <i>Chiranthodendron pentadactylon</i> , <i>Pinus ayacahuite</i> , <i>Pinus pseudostrobus</i> , <i>Quercus</i> sp.

3.2.5 Antecedentes

3.2.5.1 Estudio preliminar de las interacciones de los sistemas agrosilvopastoriles en 5 aldeas del bosque seco de Jutiapa, Guatemala

Este trabajo se realizó en 1992 que comprendió el área de Santa Catarina Mita y Asunción Mita, en donde se analizaron las relaciones que se dan dentro del sistema estudiado, con el fin de detectar los factores que influyen en la sostenibilidad del sistema y conocer las especies vegetales más utilizadas para alimentación de los animales, así como el contenido nutricional de las mismas. Los resultados revelaron que las especies vegetales más utilizadas para el consumo animal fueron: madre cacao, caulote, laurel y San Andrés, cuyo contenido nutricional fue superior al Jaraguá; En las aldeas estudiadas se cuenta con una agricultura típica del área la cual debe identificarse como una agricultura de subsistencia, rotativa y tradicional; el nivel tecnológico utilizado, es considerado como el más adecuado ya que éste ha permitido que el sistema de agricultura se haya mantenido estable durante muchos años, manteniendo bajo control, en forma natural, todos los problemas de malezas, plagas y enfermedades. Para que las características de Estabilidad del sistema prevalezcan, es necesario el establecimiento del control del crecimiento de la población humana para que los recursos existentes no sean sobreutilizados y esto sea la causa principal de inestabilidad del sistema (6).

3.2.5.2 Caracterización de la comunidad de canac (*Chiranthodendron pentadactylon* L.) en el volcán de Acatenango, Guatemala

El presente trabajo, realizado en 1989 permitió determinar la existencia de 110 especies vegetales, entre las cuales el canac es la dominante; su comunidad climax es una asociación edafoatmosférica. La riqueza faunística del ecosistema se encuentra muy ligada a la alta diversidad vegetal, los principales agentes del deterioro de la región son: la cacería, el sobrepastoreo, la extracción de madera y el avance de la frontera agrícola. Entre las conclusiones se encuentran que la comunidad de Canac presenta 5 estratos verticales bien definidos y especies asociadas con alta incidencia formando parte de la comunidad siendo éstas, a nivel del estrato arbóreo: *A. jorulensis*, *C. pacayana*, *Clethra pachecoana*, *Fucsia arborescens*, *Litsea guatemalensis*, *Nectandra* sp., *Oreopanax echinops*, *Phoebe salvini* y *Tournefortia petiolaris*. El estrato herbáceo se encontraba formado por: *Coaxana purpúrea*, *Smilacina scilloidea*, *P. petrophila* y *S. appendiculatum* (20).

3.2.5.3 Comportamiento inicial de tres especies forestales para producción de leña con y sin asocio de maíz *Z. mays* en la máquina, Suchitepéquez, Guatemala

La presente investigación se realizó en la máquina, Suchitepéquez comparando dos diferentes sistemas de reforestación: El sistema Taungya en el que se combinó la siembra de maíz con las especies forestales *C. velutina* como testigo, *E. camaldulensis* y *L. leucocephala* y el sistema corriente de reforestación en el que se utilizaron las mismas especies forestales. Los resultados mostraron que a pesar de que *E. camaldulensis* sin asocio de maíz presentó el mayor índice de sobrevivencia, lo cual indicó que las tres especies se adaptan en igual forma a la zona en que se efectuó el estudio, bien sea asociadas o no asociadas con maíz; Tanto los tratamientos de Eucalipto y leucaena asociados y no asociados con maíz, presentaron mejor crecimiento en altura que los tratamientos de *C. velutina* durante el presente trabajo, sin embargo, esto puede atribuirse al comportamiento inicial de las especies (*C. velutina* crece más lentamente en las primeras etapas que las otras dos especies); en el sistema Taungya se registró una reducción del 22% en los costos respecto a la inversión efectuada en el sistema de reforestación sin asocio de maíz (5).

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

4.1.1 Caracterizar los sistemas agroforestales existentes en la parte alta de la Cuenca del río Los Esclavos, Guatemala; para clasificar, describir y proponer acciones que tiendan a mejorar los sistemas predominantes.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Clasificar los sistemas agroforestales existentes en el parte alta de la cuenca del río Los Esclavos.

4.2.2 Describir las principales características de los sistemas agroforestales predominantes encontrados en el área de estudio.

4.2.3 Proponer acciones que tiendan a mejorar los sistemas agroforestales de la región.

5. METODOLOGIA

5.1 ETAPA PRELIMINAR DE GABINETE

5.1.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se efectuó en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, delimitándose el área con base en el material cartográfico obtenido en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), descrito en el cuadro 4.

Cuadro 4. Hojas cartográficas que incluyen la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos.

DESCRIPCIÓN	NOMENCLATURA	ESCALA
Guatemala	ND 15-8	1:250,000
San José Pinula	2159 IV	1:50,000
Mataquescuintla	2159 I	1:50,000
Nueva Santa Rosa	2159 III	1:50,000
Laguna de Ayarza	2159 II	1:50,000
Cuilapa	2158 IV	1:50,000
Oratorio	2158 I	1:50,000

5.1.2 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Luego de delimitar el área de estudio, se procedió a obtener información de zonas de vida y puntos de muestreo, aerofotográfica, a través de mapas correspondientes existentes en el Instituto Geográfico Nacional y otros centros de información, cuyos mapas se muestran en los cuadros 3 y 4.

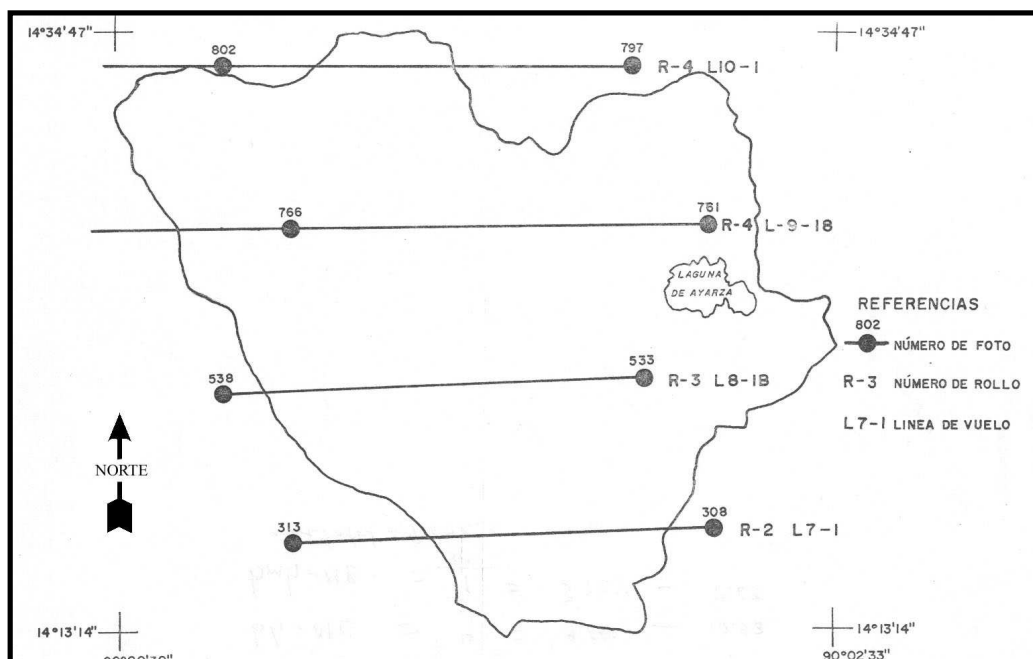


Figura 3. Mapa de cobertura aerofotográfica de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1991.

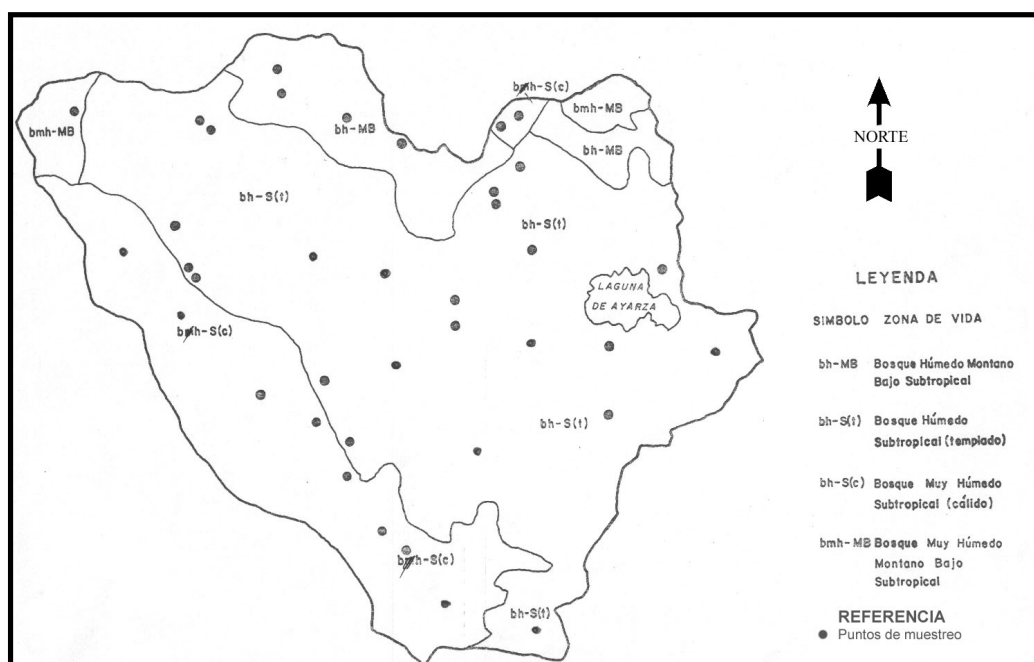


Figura 4. Mapa de zonas de vida y puntos de muestreo de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1997.

5.1.3 DETERMINACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO Y TIPO DE MUESTREO

Para determinar los sitios de muestreo se tomó como base la presencia de sistemas agroforestales en cada una de las zonas de vida existentes en el área de estudio y luego en un área homogénea, predominante por un sistema agroforestal, se procede al levantamiento, de la información requerida, como muestra.

Con ayuda de las fotografías aéreas del año 1,991, se determinó en forma preliminar 50 sitios, los cuales fueron reducidos a 38 en forma definitiva luego de realizar varios recorridos por las diferentes zonas de vida, de modo que los sistemas agroforestales muestreados fueran los mas representativos del área. En el cuadro 5 se presentan los sitios de muestreo que corresponden a cada zona de vida de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos. Para calcular el número de muestras o sitios de muestreo a trabajar se siguió el criterio de los expertos asesores siendo su relación final ($50/38 = 1.30$) (9).

Cuadro 5. Sitios de muestreo por zona de vida en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos.

ZONAS DE VIDA	SITIOS DE MUESTREO	PORCENTAJE DE ÁREA TOTAL
Bosque Húmedo Subtropical (templado)	23	68.17
Bosque Húmedo Subtropical (cálido)	10	18.05
Bosque Húmedo Montano Bajo	4	9.66
Bosque Muy Húmedo Montano Bajo	1	3.92
ÁREA TOTAL = 966.40 Km ²	38	100.00

5.2 ETAPA DE CAMPO

Inicialmente se efectuó un recorrido entre cada sitio de muestreo para su reconocimiento general, luego se procedió a delimitar un parcela de 1,000 m² (20 m X 50 m) en la parte más representativa del sistema en cuya área se obtuvo la siguiente información. Para recolectar la información se utilizó una boleta diseñada para el caso y, para tomar información de las características de los diferentes sistemas agroforestales se utilizó el formato de ICRAF (Centro de Investigaciones de Agroforestería).

5.2.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA

La disposición de los componentes fue tomado en el tiempo y en el espacio (ubicación física en la parcela), dándose el componente arbóreo de manera irregular o llamada disposición mixta, componente en disposición regular (zonal), los componentes están estrechamente juntos (densa), componentes dispersos (dispersa). En la estructura vertical cuando existe una sola copa de árboles se le denomina disposición simple, cuando existen varias copas de árboles disposición en multiestratos, y en el tiempo se tiene la disposición simultánea y secuencial, de ésta última se desprende la disposición separada o de relevo, de sobreposición, intermitente o interpolada y concomitante.

5.2.2 COMPOSICIÓN DEL SISTEMA

En la parcela delimitada de 1,000 m², se realizaron caminamientos para observar cada una de las especies, seleccionándose en base a su constante frecuencia en toda el área del sistema.

Se anotaron las especies conocidas y con las de dudosa identificación se procedió a tomar tres muestras con anotación de sus características y luego llegar a su identificación en el herbario de la Facultad de Agronomía (FAUSAC).

5.2.3 ARREGLO ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

En la toma de datos sobre distancia horizontal entre árboles y cultivos de la parcela delimitada se auxilió de una cinta métrica de 50 metros de longitud, iniciándose con los árboles de igual especie, luego con los cultivos agrícolas de los cuales se llegó a obtener 10 repeticiones al azar entre plantas y entre surcos para llegar con el cálculo de las lecturas a una media aritmética; siendo este resultado comparado con las versiones del agricultor sobre los distanciamientos considerados del cultivo. Para obtener la lectura de la altura de los árboles fue necesario utilizar el altímetro Suunto, calibrándose a 20 metros desde el pie del árbol al punto de la toma de lectura.

5.2.4 MANEJO ACTUAL DEL SISTEMA

Para captar esta información se procedió a observar el comportamiento de los elementos del sistema agroforestal para luego entrevistar a los agricultores o individuos que ejercen influencia en el sistema en la aplicación o regulación de insumos para obtener un producto, entre estos aspectos

tenemos: el sistema de siembra, deshierbe, la poda, aplicación o disposición de fertilizantes y la combinación en el espacio y tiempo con los otros componentes.

5.2.5 RENDIMIENTO DEL CULTIVO

La cuantificación del producto con relación al área de siembra o rendimiento del producto fue obtenido a través de observación en el área, visitas o entrevistas con los agricultores o productores u otro individuo de la población o institución que tomará actitud directa o indirecta en la labor o investigación del comportamiento del producto en sus rendimientos, de los datos obtenidos que no fueron menos de 10 rendimientos, se calculó una media, dicho resultado fue la cuantificación final. Además se asumieron en el rendimiento los niveles tecnológicos alto, medio y bajo.

5.2.6 VOLUMEN DE MADERA

En la determinación del volumen de madera por hectárea se efectuó por medio del cálculo de volumen individual del cilindro, el cual requiere promedio de las lecturas del DAP, altura promedio y número de árboles por hectárea; para ello se infirió de la toma de datos obtenidos en la parcela de 1,000 m², dándose este procedimiento par especies maderables representativas. Para el cálculo se empleó la fórmula

$$\text{Vol} = (\pi D^2/4) * \text{Ht} * \text{ff}$$

Donde:

Vol= Volumen

D²= Diámetro a la altura del pecho al cuadrado.

Ht= Altura promedio del árbol

ff= Factor de forma según especie.

5.2.7 PERFILES Y PLANOS DEL SISTEMA

Dentro de la parcela representativa del sistema con área de 1,000 m² se delimitó una subparcela de 10 x 30 m (300 m²) regularmente, existiendo variantes en áreas donde se presentan huertos familiares ya que en esta se ubica la estructura de la casa y sus anexos y componentes de importancia agroforestal que prolongan el área regular.

Para el levantamiento de la parcela se usó la boleta de campo que considera distancia entre árbol (especificando la especie), DAP, altura del árbol, se procede a efectuar un croquis de la configuración del perfil en base a las lecturas obtenidas en el levantamiento siendo comparada esta figura con una fotografía captada del perfil en la orientación de la toma de lectura y de la cámara para obtener el dibujo del perfil con su respectiva escala.

5.2.8 ESPECIES ANIMALES DOMÉSTICAS

Para obtener la denominación de estas especies se observó detenidamente para luego anotar el nombre común si fuese identificado de inmediato, en caso contrario se buscó el apoyo de personas expertas.

5.3 ETAPA DE GABINETE

5.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales se clasificaron con base en el análisis estructural, la interrelación y presencia de los 3 principales componentes agroforestales: árboles, cultivos y animales o pastizales (agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles) (11, 16).

La clasificación de estos sistemas agroforestales se presentaron en diferentes cuadros por cada zona de vida con el sistema agroforestal, componentes principales y aspectos relevantes del sistema.

5.3.2 DETERMINACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PREDOMINANTES

Para determinar la predominancia de los sistemas se usó la fotografía aérea, reconocimiento de campo y muestreo por lo cual se tomó la frecuencia del mismo en cada zona de vida.

5.3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

De la gama de sistemas agroforestales encontrados se describieron los predominantes (en cuanto a frecuencia) con sus características peculiares en lo que respecta a su composición, estructura, manejo actual, rendimiento del cultivo y/o volumen de madera; dicha información fue obtenida en campo a través de observación directa, toma de datos en área del sistema y parcela definida de 1,000 m² y la información otorgada por el agricultor.

5.3.4 ESTADO DEL SISTEMA Y PROPUESTA DE ACCIÓN PARA LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PREDOMINANTES

Con base en la información obtenida en campo y ordenada en gabinete, se efectuó el análisis respectivo de cada uno de los sistemas, para así, proponer acciones que mejoren su aprovechamiento, rendimiento o rentabilidad en sus productos y servicios: proporción de leña, madera, cultivo de plantas medicinales, alimentación, comercialización de los productos, conservación del suelo, sombra y fijación de nitrógeno, de los sistemas agroforestales determinados y descritos por su predominancia en cada zona de vida de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos.

6. RESULTADOS

6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES ENCONTRADOS EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO LOS ESCLAVOS

De acuerdo a lo planteado por Combe, Budowski (3), Huxley (9) y Nair (14), se llevó a cabo la clasificación de los sistemas agroforestales, en base a la naturaleza y presencia de los 3 principales componentes: árboles, cultivos y animales (o pastizales). Como producto de un análisis estructural, que permite tomar la clasificación más ampliamente utilizada, con las categorías siguientes: sistemas agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles.

Como el área de estudio, cuenta con 4 zonas de vida: 1) Bosque Húmedo Subtropical (templado), 2) Bosque Húmedo Subtropical (cálido), 3) Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical y 4) Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical; en estas zonas, se tabuló la información, que clasifica los sistemas agroforestales, estableciéndose las categorías, componentes principales y aspectos relevantes de cada sistema, en base a la información recabada en entrevistas y observaciones en campo.

De las cuatro zonas de vida, en la que se encontró menor representatividad de sistemas agroforestales, fue la de Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical, con únicamente siembra de árboles en línea, y la zona de vida que se encontró con mayor diversidad y representatividad en sistemas agroforestales fue la de Bosque Húmedo Subtropical (templado), presentándose su clasificación en el cuadro 6.

Cuadro 6. Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Categoría	Componentes principales	Aspectos relevantes del sistema
I. Agro silvícolas	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Quercus</i> sp. (encino) e <i>Inga</i> sp. (cuje)	La sombra del encino es abierta, mixta y temporal, mientras que la sombra del cuje es zonal y permanente.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Zea mays</i> (maíz), <i>Phaseolus vulgaris</i> (frijol) y <i>Pinus</i> sp. (pino)	Aprovechamiento de una cosecha de maíz y frijol durante el crecimiento de la plantación de café en árboles dispersos de pino (Un caso de tecnología Taungya).
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Gravillea robusta</i> (gravilea), <i>Persea</i> sp. (aguacate) y otras especies.	El componente arbóreo predominante es Gravilea, como sombra del café. Los árboles de aguacate se encuentran en densidades bajas y en forma dispersa.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Quercus</i> sp. (encino), <i>Musa</i> sp. (banano) e <i>Inga</i> sp. (cuje)	Los árboles de encino son parte del bosque original, un componente del sistema de producción agrícola de café y banano. El cuje está destinado a una sombra futura del sistema agroforestal.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Diphysa robinoides</i> (guachipilín), <i>Vateiria lundellii</i> (palo de zope) e <i>Inga</i> sp. (cuje)	Los árboles de guachipilín y palo de zope son parte del sistema del cultivo de café y predominan mientras crece el cuje.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Chiranthodendron pentadactylon</i> (mano de león) y <i>Gliricidia sepium</i> (madre cacao)	El árbol mano de león es parte de la flora del área y el madrecacao es introducida; siendo las dos especies las reguladoras de la sombra del café en este sitio.
	<i>Coffea arabica</i> (café) y <i>Cedrela mexicana</i> (cedro)	El árbol de cedro ocurre por regeneración natural y se conservan en la plantación de café en forma dispersa con otras especies pertenecientes a la flora del área.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Pinus</i> sp. (pino) y <i>Persea</i> sp. (aguacate)	El café ha sido plantado bajo sombra de pino de 30 – 40 árboles/ha. También se han plantado árboles de aguacate en el sistema agroforestal.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Zea mays</i> (maíz) y <i>Pinus</i> sp. (pino)	La disposición del sistema agroforestal es secuencial en el tiempo, obteniéndose una cosecha de maíz en el primer año de trasplante del café bajo sombra de pino.
	<i>Coffea arabica</i> (café) y <i>Casuarina</i> sp.	Área experimental de la institución DIGEBOS (anterior al INAB), dicha práctica actualmente se observa en expansión leve.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Diphysa robinoides</i> (guachipilín) y <i>Persea</i> sp. (aguacate)	El guachipilín proporciona nitrógeno a través de las raíces y el aguacate funciona como sombra al café.
	<i>Coffea arabica</i> (café) y <i>Cupressus lusitania</i> .	La parcela de café cuenta únicamente con árboles de ciprés para sombra, regulando la sombra a través del desrame de los árboles en un aprovechamiento de leña.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Pouteria sapota</i> (zapote), <i>Diphysa robinoides</i> (guachipilín) e <i>Inga</i> sp. (cuje).	El árbol de zapote como sombra de café probablemente favorece la brotación de la broca del café <i>Hypothenemus hampei</i> ferr.
	<i>Coffea arabica</i> (café), <i>Inga</i> sp. (cuje) y <i>Persea</i> sp. (aguacate)	El árbol de cuje toma la predominancia en la densidad, el aguacate como sombra y producción es incorporado al sistema agroforestal.
II. Silvo Pasto ril	<i>Ananas cumosus</i> (piña), <i>Mangifera indica</i> (mango) y <i>Citrus lemon</i> (limón)	Este sistema es único en el área, manejándose las cosechas combinadas de piña como piso bajo, limón persa como piso medio y mango como piso alto.
	Ganado vacuno pastando en <i>Paspalum notatum</i> , <i>Cynodon dactylon</i> , <i>C. nlemfuensis</i> en linderos o colinas de <i>Cupressus lusitanica</i> (ciprés)	El sistema agroforestal se presenta en una disposición de interpolación respecto a sus componentes.
	Ganado vacuno bajo sombra de bosque de coníferas	La estancia del ganado en este potrero no es permanente, cumpliendo una disposición intermitente o interpolada.
	Ganado vacuno pastando en las riberas del río, bajo las especies de <i>Salix</i> sp. (sauce)	Este sistema ha venido en expansión con los cambios que han sufrido las playas que bordean el río y el corrimiento de los cercos a la rivera.
	Ganado vacuno pastando bajo la sombra de <i>Quercus</i> sp. (encino)	El árbol de encino se encuentra distribuido en diferentes pisos en el potrero donde pasta el ganado vacuno.
III. Agro silvo pasto ril	Ganado vacuno y equino pastando bajo bosque de coníferas <i>Pinus</i> sp	El ganado circunda en áreas de bosque de mayor porcentaje de coníferas y de pasto, donde prolifera la grama común.
	Habitaciones humanas, especies de <i>Cupressus lusitanica</i> (ciprés) en cercos vivos, cítricos, árboles frutales y plantaciones de café <i>Coffea arabica</i> y crianza de animales domésticos.	Residencia circundada por bosque de coníferas y latifoliadas entre ellas cítricos, frutales e incorporación de animales domésticos.
	Habitaciones circundadas por árboles frutales, medicinales, plantaciones de café <i>Coffea arabica</i> dispersa u otras especies de huerto.	Culturalmente los árboles y los cultivos caseros son parte del área donde vive el campesino de la región.
	Habitaciones y anexos circundados por siembra de café <i>Coffea arabica</i> con sombra, crianza de aves de corral, ganado porcino, apiario y ocasionalmente ordeño de vacas.	Este sistema es un modelo pos sus componentes que comprenden diversidad forestal cultivar, manejo de animales domésticos y construcciones para muchos usos, entre ellos vivienda.

De los sistemas agroforestales presentados anteriormente en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), el café con árboles de sombra mantuvo la predominancia en la categoría agrosilvícola, ganado pastando bajo coníferas en silvopastoril y huertos familiares o domésticos en agrosilvopastoriles.

La zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) como parte de la diversidad de los sistemas agroforestales de la cuenca, es propia de una clasificación que se especifica en el cuadro 7.

Cuadro 7. Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido), parte alta de la cuenca del río los Esclavos, año 2001.

Categoría	Componentes principales	Aspectos relevantes del sistema
I. Agrosilvícola	Café <i>Coffea arabica</i> , pito <i>Erythrina</i> sp., cuje <i>Inga</i> sp., amate <i>Ficus</i> sp. y otras (ver descripción del SAF)	Este sistema mantiene especies de origen espontáneo (palo de pito, amate y otros).
	Café <i>Coffea arabica</i> , palo blanco <i>Cydistax Donell-Smith</i> , madrecaao <i>Gliricidia sepium</i> , cedro <i>Cedrela mexicana</i> e cuje <i>Inga</i> sp.	El componente arbóreo predominante en este sistema es el cuje y palo blanco, siendo este un espécimen cultivado para aprovechamiento en producto maderero y en servicio de sombra.
	Café <i>Coffea arabica</i> , ciprés <i>Cupressus lusitanica</i> (barreras vivas) y cuje <i>Inga</i> sp.	Las líneas de ciprés que forman cinturones, tienen la función de rompevientos y protección del suelo a través de los árboles.
	Café <i>Coffea arabica</i> y barrera de banano <i>Musa</i> sp.	El banano es parte de una barrera viva en el sistema de café con sombra, su función es la protección del suelo.
	Café <i>Coffea arabica</i> , ciprés <i>Cupressus</i> sp., banano <i>Musa</i> sp., amate <i>Ficus</i> sp. y pito <i>Erythrina</i> sp.	La diversidad de especies arbóreas es la identificación de este sistema.
	Café <i>Coffea arabica</i> , cortinas de ciprés <i>Cupressus</i> sp. en los cercos vivos y árboles frutales en el sistema.	La línea de ciprés es la conformación de un lindero que es parte del sistema de café con árboles de sombra.
	Café <i>Coffea arabica</i> , cuje <i>Inga</i> sp. y madrecaao <i>Gliricidia sepium</i> .	Estos componentes se encuentran con mayor frecuencia en esta zona de vida con sistemas agroforestales de café con sombra.
II Agrosilvopastoril (Huerto familiar)	Casa construida circundada por árboles frutales y cultivos de maíz <i>Zea mays</i> y café <i>Coffea arabica</i> con presencia de aves de corral (gallinas)	El principal cultivo es la plantación de naranja, la cual es cosechada para comercializarse.

La predominancia en base a la frecuencia de los sistemas agroforestales de esta zona de vida de Bosque Húmedo Subtropical (cálido) recae sobre los silvoagrícolas en café bajo sombra de árboles y agrosilvopastoril en huertos familiares o domésticos, descritos en el cuadro 8. Desde el parte agua posición norte de la cuenca, la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical cuenta con una buena cubierta de bosque en su mayoría coníferas y algunos sistemas agroforestales.

Cuadro 8. Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Clasificación de los sistemas agroforestales	Componentes principales	Aspectos relevantes del sistema
I. Agrosilvícola	Papa <i>Solanum tuberosum</i> y encino <i>Quercus</i> sp.	Los árboles de encino es asocio con el cultivo de papa se encuentran en distancias de 14 a 20 metros; se lleva a cabo el desrame con el objetivo de reducir la copa y aprovechar la leña.
	Maíz <i>Zea mays</i> y ciprés <i>Cupressus</i> sp. sembrados en línea o cercos vivos.	Es típico en esta zona de vida la siembra de ciprés en línea como cortinas rompeviento o cinturones de protección y cercos vivos, intermediando potreros o cultivares de maíz.
	Maíz <i>Zea mays</i> y pino <i>Pinus</i> sp.	El asocio de pino con maíz y la presencia de heladas en el área da lugar al supuesto que el pino mitiga el efecto de las heladas sobre el cultivo.
	Café <i>Coffea arabica</i> , pino <i>Pinus</i> sp. y otras especies.	En esta zona de vida al igual que el cultivo de maíz, en el cultivo de café se encuentra presencia de pino en densidades mayor de 4 árboles/hectárea.
II. Silvopastoril	Ganado pastando entre bosque de la especie barajo, <i>Cassia alata</i> , y en piso bajo grama común <i>Paspalum notatum</i>	El barajo, <i>Cassia alata</i> , es un arbusto que prolifera en esta área, creciendo en forma dispersa en pradera de grama común <i>Paspalum notatum</i> . El ganado bovino lechero (raza Jersey con cruce criollo) pasta sobre las praderas naturales de esta zona de vida.
III. Agrosilvopastoril (Huerto familiar)	Árboles frutales, árboles de origen boscoso (silvestre), aves de corral y otros animales domésticos (cerdos).	Vivienda circundada por especímenes que comprenden árboles y arbustos cultivados y no cultivados, estos últimos se originan del bosque incluido en el paisaje fisiográfico del área.

Es típico de esta zona de vida la siembra de árboles en línea y ganado pastando entre arbustos de barajo *Cassia alata*.

Las áreas de mayor altitud se encuentran en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical, siendo la siembra de árboles en línea la representación de los sistemas agroforestales en esta región, su descripción se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Sistemas agroforestales encontrados en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical BmhMB, parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Categoría	Componentes del sistema	Aspectos relevantes del sistema
I. Agrosilvícola	Ciprés <i>Cupressus lusitanica</i> Maíz <i>Zea mays</i> , aguacate <i>Persea americana</i> , Papa <i>S. tuberosum</i> , frijol <i>P. vulgaris</i> , cítricos <i>Citrus sp.</i>	En esta zona de vida se aprecian cercos o linderos, compuestos por líneas de ciprés de alturas de 5 a 27 metros y distancias entre árboles de 3 a 5 metros regularmente.

En toda esta zona de vida en estudio de la cuenca del río Los Esclavos el sistema agroforestal expresivo fue la siembra de árboles en línea con la especie de *Cupressus lusitanica*.

6.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS AGROFORESTALES ENCONTRADOS

Por las diferencias fisiográficas, climáticas y edáficas en cada zona de vida existen algunas diferencias en los sistemas agroforestales, lo cual se especifica a continuación.

6.2.1 ZONA DE VIDA BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL (TEMPLADO)

Dentro de los sistemas agroforestales de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), la siembra de café con árboles diversos, ganado pastando bajo árboles y huertos familiares mantienen su predominancia en esta área. Esta zona de vida es propia de una variabilidad de sistemas agroforestales; con fines de estudio se determinaron los sistemas predominantes para desarrollar su descripción en base a una alta frecuencia, siendo estos: Sistema agroforestal café con sombra de árboles

diversos, Sistema silvopastoril (ganado bovino y equino pastando bajo árboles dispersos) y Huertos familiares.

A. Sistema Agroforestal Café con Sombra de Árboles Diversos

a. Descripción

La siembra de café es una de las actividades agrosilvícolas más importante de esta zona de vida y del área de estudio dada a su aportación económica y expansión en el uso de la tierra.

b. Componentes del Sistema

En el cuadro 10 se encuentran los diferentes elementos arbóreos que comprende el sistema con sombra de árboles diversos. Indica el comportamiento de la presencia de especies arbórea en el sistema; el cuje *Inga fissiolyx*, cushin *Inga micheliana* y caspirol *Inga laurina* encuentran en mayor porcentaje con un 67%, y luego el madre cacao *Gliricidia sepium* con un 37% y una tercera posición la gravilea *Gravilea robusta* con un 33 % de cobertura arbórea, presentados en las figuras 5 y 6. Además de estas especies que son parte del sistema de la siembra de café con sombra de árboles diversos están los maderables como pino *Pinus sp.*, ciprés *Cupressus lusitanica*, cedro *Cedrela mexicana* y otros de menor importancia como guachipilín *Diphyssa robinoides* y encino o roble *Quercus sp.*, siendo aprovechados por sus servicios o productos, presentados en las figuras 7 y 8.

La especie *Inga sp.* es la preferida para sombra en este sistema agroforestal, encontrándose en la mayoría de plantaciones de café en el área.

Cuadro 10. Especies de árboles encontrados en el sistema agroforestal, café bajo sombra de árboles diversos, en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	RANGOS DE DISTANCIAS EN ÁRBOLES DE SOMBRA	PORCENTAJE DE PRESENCIA
Pinaceae	<i>Pinus sp.</i>	5 m x 8 m – 15 m x 25 m	27
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	6 m x 15 m – 35 m x 36 m	7
Fabaceae	<i>Diphysa robinoide</i>	8 m x 9 m – 16 m x 21 m	27
Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	4 m x 9 m – No determinado	13
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	8 m x 10 m – No determinado	20
Moraceae	<i>Cecropia sp.</i>	No determinado	7
Anacardiaceae	<i>Spondias sp.</i>	No determinado	7
Proteaceae	<i>Gravilea robusta</i>	5 m x 8 m – 10 m x 15 m	33
Sapotaceae	<i>Pouteria zapota</i>	No determinado	7
Meliaceae	<i>Cedrela mexicana</i>	25 m x 27 m – No determinado	7
Papilionaceae	<i>Vauteria lundelii</i>	5 m x 8 m – No determinado	7
Bignonaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	No determinado	7
Lauraceae	<i>Persea sp.</i>	4 m x 8 m – No determinado	13
Bombaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	No determinado	7
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	No determinado	7
Mimosaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	8 m x 9 m – 9 m x 15 m	37
Solanaceae	<i>Solanum bamsii</i>	5 m x 8 m – No determinado	13
Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	No determinado	15
Mimosaceae	<i>Inga sp.</i>	5 m x 8 m – 10 m x 15 m	67
Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	8 m x 11 m – No determinado	13
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	No determinado	7

Los cultivos que más proliferan en este sistema agroforestal, en una proporción del 74% es el café *Coffea arabica* como cultivo principal, 20% banano *Musa sp.*, 3% maíz *Zea mays*, 2% frijol y 1% otros; estos porcentajes fueron estimados con base en los muestreos. Es de hacer notar que el maíz, frijol y otros como el chile, fueron encontrados en sistemas de café en fase de establecimiento y crecimiento inicial, caracterizándose como un típico Sistema Taungya.

c. Estructura del Sistema

Las especies que predominan e interactúan en este sistema obedecen a un arreglo vertical tal es el caso de: *Persea* sp., *Bambusa* sp., *Musa* sp., *Gravilea robusta*, *Coffea arabica* y *Gliricidia sepium* y un arreglo horizontal para *C. lusitanica* y *C. arabica*.

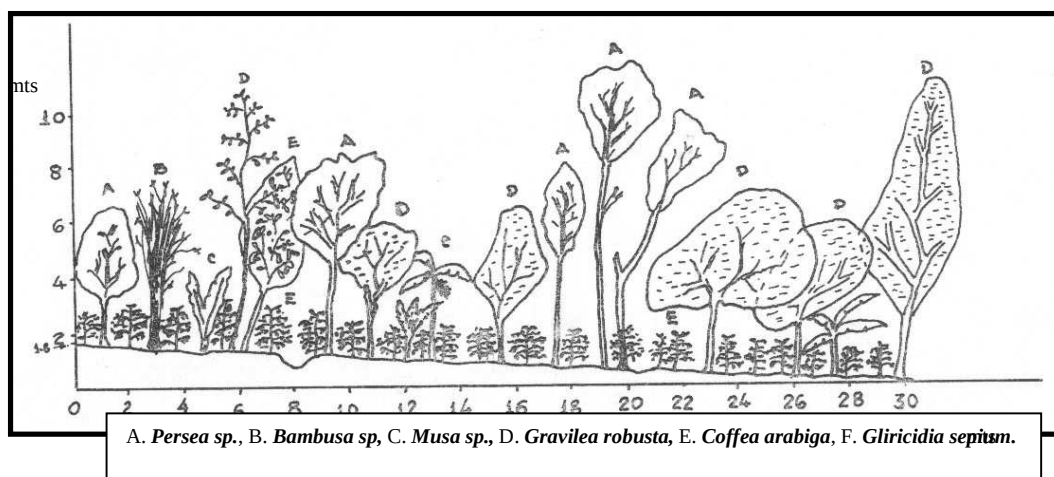


Figura 5. Perfil de parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

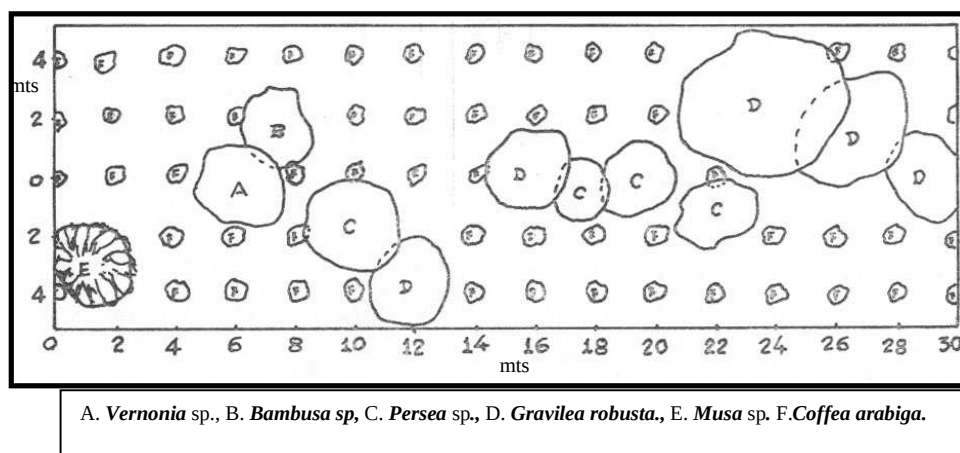


Figura 6. Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

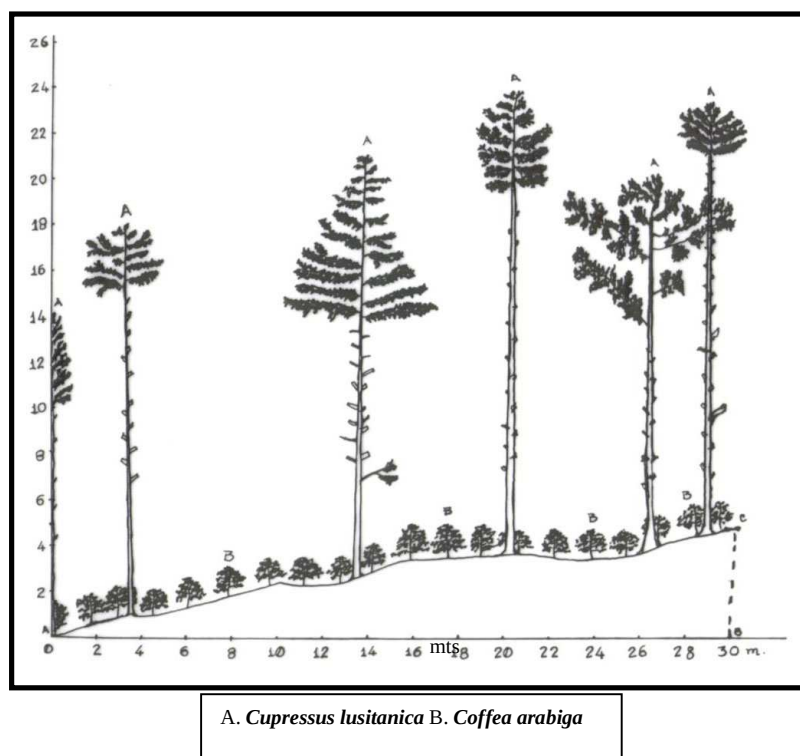


Figura 7. Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

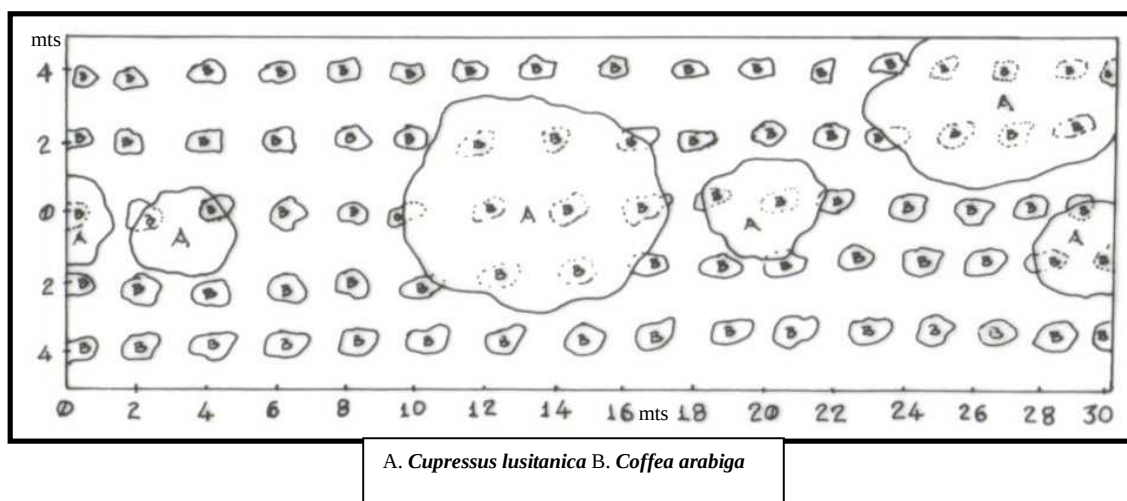


Figura 8. Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

i) Arreglo Vertical: Los componentes de este sistema agroforestal mantienen una disposición, con varios estratos o sea que su estructura vertical está comprendida como multiestratos dominando los árboles forestales (*Inga sp.*, *Gravilea robusta*, *Cupressus lusitanica* y *Gliricidia sepium*), tal como se observa en las figuras 5 y 7.

ii) Arreglo Horizontal: Las disposiciones que se establecen en este sistema, están en espacio: zonal, mixto y denso y en tiempo secuencial y simultáneo, demostrados en en las figuras 6 y 8.

d. Manejo actual del Sistema

Las variaciones de manejo que se encontraron en el sistema de café con árboles diversos dio lugar a estimar rangos cualitativos de tecnologías como alta, media y baja dependiendo del manejo y aprovechamiento del producto y subproductos, para ello se consideraron prácticas agrícolas como diseño de conservación de suelo, preparación del terreno, desinfección del suelo, selección de variedad, instalación de semilleros en el área del cultivo, sistema de riego, inducción de otros cultivos al inicio de la plantación (taungya), fertilización, control de malezas, manejo de tejidos, manejo de sombra y comercialización. La tecnología, condiciones climáticas y edáficas son factores que inciden en la producción del cultivo de café como producto principal esperado en el sistema agroforestal, un parámetro útil es el rendimiento, mostrado en el cuadro 11.

Cuadro 11. Rendimientos producción de café maduro, en relación al nivel tecnológico; cultivado bajo sombra de árboles diversos de la zona de vida, Bosque Húmedo Subtropical (templado), de la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

Niveles tecnológicos	RENDIMIENTO*	
	kg/ha	Kg/mz
Alta	10,409-16,5273	5,909-10,000
Media	7,818-10,409	4,090-5,909
Baja	5,227-7,818	2,273-4,090

*Estos rendimientos se establecieron con el reporte, de los productos encuestados.

En el área de estudio prevalecen los niveles tecnológicos del nivel medio a bajo en un 99% de las fincas, dada a una cultura de manejo con enmiendas de tecnificación por ANACAFE (Asociación Nacional del Café) y el 1% restante de las fincas con tecnología alta tienden a desaparecer por la baja rentabilidad de la producción a consecuencia de la depresión en el precio del grano de café en el mercado.

En el sistema, el cultivo principal café se encontraron distanciamiento con los siguientes rangos 1.25 mts. x 1.85 – 1.5 mts. x 2.10 mts.; correspondiendo los distanciamientos mínimos a tres cultivares "pache", "catuai" e "híbrido" con una cobertura estimada del 99%, en cambio las distancias máximas son establecidas para otras tres variedades bourbón, mundo novo y caturra con 1% de cobertura, caracterizándose estos cafetos como vigorosos, resistentes y muy antiguos o plantaciones viejas.

El 1% de las fincas con dificultad alcanzan el nivel tecnológico alto donde la regulación de la sombra es deliberada, el 99% con niveles de medio a bajo no llevan a cabo la poda de árboles.

La aplicación de fertilizantes como producto químico es alrededor de un 95% y el aprovechamiento de abonos orgánicos en un 20%. Los fertilizantes comerciales más usados componen las fórmulas 20-20-0 y 15-15-15 (triple y quince); los materiales orgánicos que son aprovechados como abono la pulpa de café con un tratamiento preliminar; estiércol animal (gallinaza u otro), los residuos de los componentes del sistema (hojas, ramas de los árboles, cultivos y/o animales) los cuales al descomponerse son aprovechados como nutrientes.

El programa o épocas de aplicación de fertilizantes se divide en tres etapas, siendo la primera al inicio de las lluvias durante los meses de mayo a junio, la segunda en los meses de agosto a septiembre y una última en los meses de octubre a noviembre. Estas enmiendas no se cumple en todos los sistemas, su razón radica en la extensión y capacidad económica del agricultor o dueño del área de la plantación.

Las malezas como otro factor del manejo se establece. Las especies mas comunes que se encontraron fueron las siguientes: zacata bermuda *Cynodon dactylon*, zacate, mozote o pega-pega *Cenchrus sp.*, coyolillo *Cyperus rotundus*, flor amarilla *Melampodium divaricatum*, mozotillo *Bidens*

pilosa, berdolaga *Portulaca oleracea*, hierba mora *Solanum nudiflora*. Tomando los siguientes tipos de control: el primero en un 80% es el control mecánico o manual, el segundo en un 10% corresponde al control cultural que incide el crecimiento de los árboles para sombra y el tercero con el 10% se considera al control químico, el cual por su mal uso ha ocasionado algunos daños al cultivo.

Enfermedades del cafeto como mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke, ojo de gallo *Mycena citricolor* Berk y Cooke, y *Poma* sp., que se observan en la parte aérea y las plagas: broca del café *Hypothenemus hampei* Fer, gallina ciega *Phyllophaga* sp., y tortuguilla, éste espécimen pertenece a la familia chrysomelidae. En el control de enfermedades y plagas para alcanzar los propósitos de evasión, exclusión, erradicación y protección, algunos sistemas utilizan productos químicos propios para la parte aérea de la planta y ocasionalmente para el sistema radicular en caso de nemátodos. Dentro de otros controles está el cultural que es parte el manejo de tejidos (poda), regulación de la sombra y control de malezas y además está el control genético con la selección de variedades que sean resistentes y/o tolerantes a las enfermedades, plagas, condiciones climáticas y adaptación edáfica, entre estas son bien vistas por el agricultor el catimor, híbrido y pache, estas dos últimas variedades son dependientes de programas de controles químicos a pesar de su selección en el área.

e. Productos y Servicios

En la asociación de árboles, cultivos y/o animales obtenemos servicios y productos. En el sistema café con árboles diversos los principales productos que se determinaron fueron café, leña, madera (cedro, pino, etc), alimentos (frutas, aguacate, zapote, etc) producto del manejo de sombra, y entre los servicios: sombra, conservación de suelo, aporte a la fertilidad del suelo, mantenimiento de las propiedades físicas del suelo. Microclimas benéficos, control de la proliferación de malezas y minimiza la proliferación de plagas y enfermedades.

Entre los productos que fue posible cuantificar en el sistema fue el volumen de madera, en especies propicias sobre el recurso y el rendimiento del cultivo de café, mostrados en el cuadro 12.

Siendo la madera un producto aprovechado por ciertos agricultores fue necesario considerar las especies que predominan en el sistema café con sombra de árboles diversos; ciprés *Cupressus lusitanica*, encino o roble *Quercus sp.*, guachipilín *Diphysa robinoides*, pino *Pinus sp.* y cedro *Cedrela mexicana* toman parte de la cuantificación volumétrica que a continuación se tabula:

Cuadro 12. Volumen de especies maderables café con sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) Bh S(t) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001 .

N o	ESPECIE S	AREA	ARBOL/ ha	TOTAL ARBOLES	DE	VOL. m3/ha	VOL. TOTAL EN m ³
1	<i>Pinus sp.</i>	9.25	40	370		19.52	180.5
2	<i>Quercus sp.</i>	4.12	23	95		0.7	2.88
3	<i>Cupressus lusitanica</i>	3.06	8	24		5.04	15.42
4	<i>Diphysa robinoides</i>	7.15	39	279		0.62	4.43
5	<i>Cedrela mexicana</i>	2	16	32		48.22	96.43

De las cinco especies maderables encontradas en el sistema, la que presentó mayor volumen fue el pino *Pinus sp.* con 19.52 m³/ha. de una densidad de 40 árboles por hectárea. No siendo este árbol apto para sombra del cultivo de café según un 80% de agricultores entrevistados (acidifica el suelo), es factible su presencia en plantaciones en establecimientos y en producción.

f. Estado actual del sistema

La siembra de café es una de las actividades más importantes de esta zona de vida y del área de estudio; este sistema no cuenta con expectativas de desarrollo, quedando estancado y tendiendo a deprimirse por la baja de precio del producto principal que es el café.

g. Propuesta de mejora

Ante esta situación que presenta el cultivo de café con siembra de árboles diversos se propone el buen manejo del sistema agroforestal con la diversificación de los productos comerciales entre ellos el aguacate *Persea americana* cítricos *Citrus sp.*, banano *Musa sp.*, u otro producto que tenga mayor demanda en el mercado y menos costos de producción. Además crear una institución técnica que asesore y dirija a los productores en rescatar este sistema de producción agrícola forestal y así amortiguar el impacto ambiental y económico en la región.

La baja del precio del café para exportación, trajo como consecuencia la depresión de los sistemas agroforestales de café bajo sombra de árboles diversos. Siendo una causa económica, es necesario una solución estratégica y como propuesta se considera verificar la diversidad de productos, tales como: banano *Musa sapientum*, aguacate *Persea sp.*, frutos comerciales (cítricos), madera, leña, u otro producto de exigencia en el mercado actual (mango *Mangifera indica*). A todos estos productos diversos, es necesario visualizar los canales de comercialización. En lo que respecta a especies boscosas, especificar un incentivo forestal, que sopesa la sostenibilidad del sistema y así estimule a los productores a invertir para desarrollar sus empresas agrícolas, además buscar los mecanismos para agenciarse de una certificación de café orgánico de altura a mayor de 1200 msnm.

B. Sistema Silvopastoril (ganado bovino y equino pastando bajo árboles dispersos)

a. Descripción

En la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, fue encontrado un sistema silvopastoril con componentes de ganado bovino y equino pastando bajo la sombra de árboles diversos en predominancia pino *Pinus sp.*, ciprés *Cupressus lusitanica* y encino o roble *Quercus sp.* en áreas de los municipios de Casillas, San Rafael las Flores, Nueva Santa Rosa y Santa Rosa de Lima (departamento de Santa Rosa).

b. Componentes del Sistema

Los componentes que se encontraron en este sistema son pastos, árboles y animales domésticos. Las especies de pastos que proliferan bajo árboles dispersos son en su mayoría naturales, descritos en el cuadro 13.

Cuadro 13. Especies de pastos que se identificaron en el sistema silvopastoril en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) en la parte Alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Nombre común	Nombre científico
Gramma común	<i>Paspalum notatum</i>
Zacate de jaraguá	<i>Hiparrhenia rufa</i>
Bermuda o crín de macho	<i>Cynodon dactylon</i>
Zacatón	<i>Panicum maximun</i>
Estrella africana	<i>Cynodon nlemfuensis</i>

La especie de pasto grama común ***Paspalum notatum*** mantiene la mayor cobertura de las áreas silvopastoril en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado). Los árboles notables presentados en el cuadro 14 que son componente del sistema mantienen su presencia en disposiciones dispersas y en bosquetes, en los cuales existen diversas especies.

Cuadro 14. Especies de árboles predominantes en las áreas silvopastoriles, de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	RANGO DE DISTANCIAS EN ÁRBOLES DE SOMBRA	PORCENTAJE DE PRESENCIA
Pinaceae	<i>Pinus sp.</i>	8 m x 15 m – 15 m x 15 m	18
Fagaceae	<i>Quercus sp.</i>	3 m x 4 m – 9 m x 9 m	51
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	3 m x 5 m – 11 m x 12 m	31
Meliaceae	<i>Cedrela mexicana</i>	No determinado	1
Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	No determinado	3
Fitolacaceae	<i>Ledembergia macrantha</i>	No determinado	1
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	15 m x 20 m – 25 m x 50 m	16
Burseraceae	<i>Protium copal</i>	No determinado	1
Anonaceae	<i>Anona scuamosa</i>	12 m x 16 m – 20 m x 41 m	8
Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i>	14 m x 20 m – 24 m x 43 m	17
Silicaceae	<i>Salix sp.</i>	3 m x 8 m – 8 m x 12 m	12
Compositaceae	<i>Vernonia sp.</i>	2 m x 6 m – 10 m x 11 m	18
Mirtaceae	<i>Psidium guajaba</i>	2 m x 3 m – 12 m x 14 m	20
Malpigeaceae	<i>Bunchosia cordifolia</i>	4 m x 8 m – 12 m x 28 m	19
Agavaceae	<i>Yuca elephantipes</i>	0.4 m x 0.5 m – 3 m x 4 m	8
Fabaceae	<i>Erythrina sp.</i>	0.3 m x 0.4 m – 5 m x 12 m	13

Las especies que presentan mayor cobertura en los sistemas silvopastoriles de la zona de vida son pino *Pinus sp.*, encino o roble *Quercus sp.* y ciprés *Cupressus sp.* como parte de bosquetes, cercos y cortinas rompevientos, dando servicio de sombra y productos aprovechables madera y leña. Los elementos del sistema agroforestal son descritos en el cuadro 15 y mostrados en la figura 9.

Cuadro 15. Aprovechamiento del tipo de animal en el sistema silvopastoril, según su destino: comercial o subsistencia para la población en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Tipo de animal	Aprovechamiento		Total
	Subsistencia	Comercial	
Bovino	61%	39%	100%
Equino	94%	6%	100%

De acuerdo a los datos anteriores se puede deducir que el ganado tanto bovino como equino se inclina a una economía de subsistencia, en correlación a las condiciones de la población que mantiene los sistemas silvopastoriles.

c. Estructura del Sistema

Los componentes en el sistema agroforestal silvopastoril predominantes de la zona de vida son: *Quercus sp.*, *Pinus sp.* y *Cupressus sp.*, además de bovinos pastando sobre *P. notatum*, en un arreglo de disposición mixta.

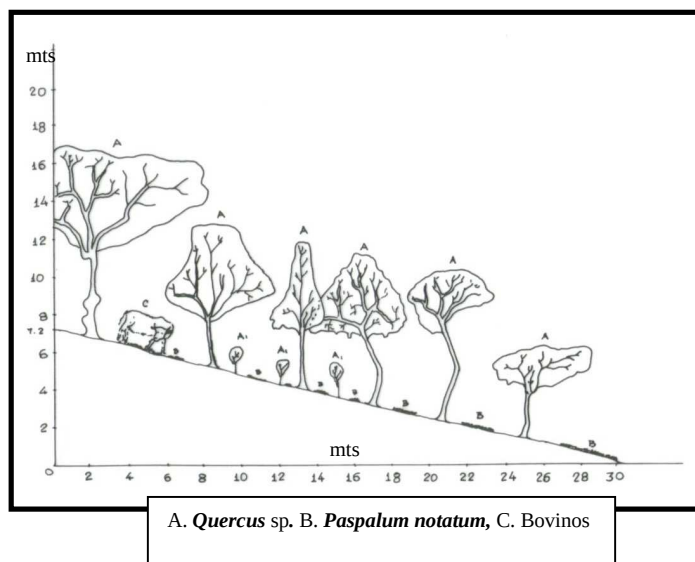


Figura 9. Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.

i) **Arreglo Vertical:** En cuanto a la relación de los componentes en el espacio y en el tiempo estructuralmente este sistema contempla las disposiciones siguientes: biestrato y multiestratos. Es de multiestratos la configuración boscosa por la presencia de diferentes pisos en las especies tanto maderables como arbustivas en los potreros.

ii) **Arreglo Horizontal:** El arreglo de la especie pino *Pinus sp.*, encino o roble *Quercus sp.* y ciprés *Cupressus sp.* con las otras especies aledañas presentan una disposición mixta, tal como lo demuestra la figura 10.

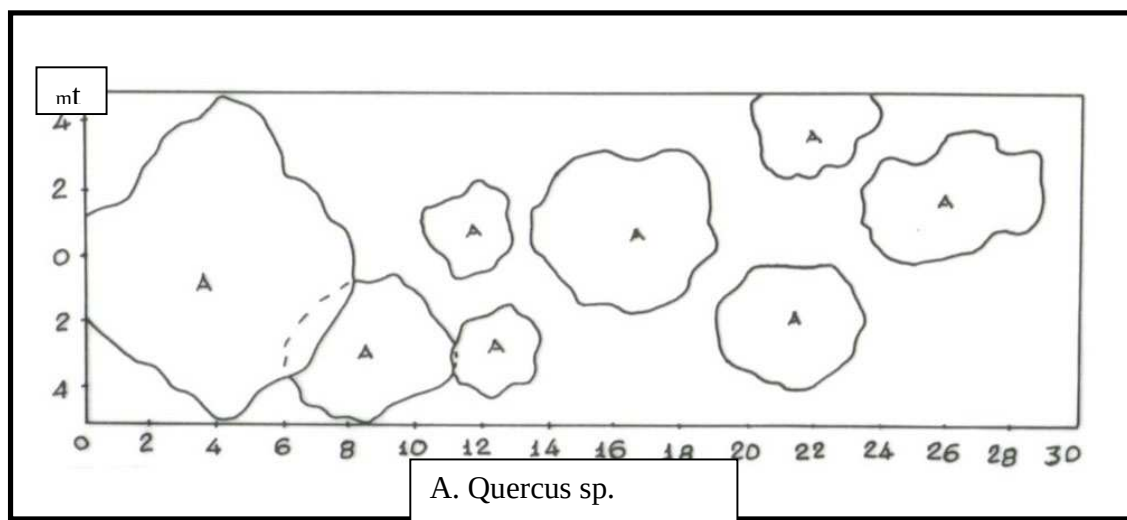


Figura 10. Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.

c. Manejo Actual del Sistema

Los potreros están cubiertos por árboles dispersos que no tienen un manejo deliberado, excepto de ramas ocasionales para obtención de leña. El área de pastizal no es diseñada conforme sistemas de rotación de potreros para obtener mejor eficiencia y rendimiento del pastizal. Es decir que el pastoreo es continuo y espontáneo.

El ganado bovino es el que más atención recibe, con tecnología convencional, dándose tratamiento en hatos jóvenes (chivos) através de desparasitantes, vitaminas y garrapaticida, este último tratamiento generalmente para especímenes adultos.

Las distancias de los árboles de sombra se encontraron en los rangos siguientes: 3.00 mts. – 15.70 mts. para *Pinus sp.* (ubicado en potrero), 2.00 mts. – 16.70. para *Quercus sp.* (ubicado en potreros) y 6.1 mts. – 20.50 mts. *Cupressus lusitanica* (ubicado en lindero). Las especies que regulan en los potreros como en los linderos de estos son *Pinus sp.*, *Quercus sp.* y *Cupressus lusitanica*.

La carga animal en potreros con árboles fue apreciada en 2 cabezas/hectárea en época de lluvia, reduciéndose a 1 cabeza/hectárea en época seca.

d. Productos y Servicios

Los servicios que aportan los árboles y arbustos en los potreros es la sombra, rompevientos y como parte de linderos o cercos de propiedades, áreas de pastoreo y cultivos. Lo referente a productos, la energía bioenergética (la leña) y la madera, este último producto se estimó su cuantificación volumétrica (m^3/ha), para ello el cuadro 16 detalla por especie predominante.

Cuadro 16. Volúmenes de madera estimada en m^3/ha en el sistema silvopastoril en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Especie	Arboles/Hectárea	Volumen en m^3/ha
<i>Pinus sp.</i>	44	40.00
<i>Quercus sp.</i>	121	14.42
<i>Cupressus sp.</i>	73	15.13

La especie más expresiva en la cuantificación volumétrica fue el pino *Pinus sp.* con $40.00 \text{ m}^3/\text{ha}$. y en segunda posición el encino o roble *Quercus sp.* con $14.42 \text{ m}^3/\text{ha}$, las especies anteriores ubican en potreros, no así ciprés *Cupressus lusitanica* que se encuentra en linderos, donde aprovecha la sombra el ganado, ocupando la tercera categoría en cobertura con un mayor volumen que el *Quercus sp.* por hectárea.

e. Estado actual del sistema

Este sistema donde pasta ganado bovino y equino bajo árboles en su mayoría pino *Pinus sp.* roble *Quercus sp.* y a veces ciprés *Cupressus lusitanica*, tiende a ser menos importante ya que estas áreas se están destinando a siembra de cultivos con árboles y cultivos limpios (café con árboles de sombra, maíz u otros). Por otro lado se hace un uso indebido de las pasturas tal es el caso de pastorear en terrenos con grama común *Paspalum notatum*, la cual no posee buen contenido de materia seca y además el factor de uso es de tan solo 3 cm, por lo que el área al sobrecargarse, crea compactación del suelo y los efectos derivados de éste.

f. Propuesta de mejora

En las áreas donde hay estrella africana *Cynodom nemfluensis* y jaraguá *Hyparrhenia rufa* se debe dedicar a pastoreo; tomando en cuenta que en promedio estos rinden mejor en materia seca. Debe diseñarse un sistema de pastoreo que tome en cuenta el comportamiento estacional de los pastos, la existencia de otras especies forrajeras inclusive arbustivas, la cantidad y razas de animales y los objetivos de producción en una área determinada. Para la época seca se recomienda preparar heno a partir del pasto zacatón *Panicum maximum* y de jaraguá.

h. Comparación volumétrica de especies maderables entre sistema silvopastoril y café con sombra de árboles diversos.

En esta zona de vida se encuentran especies maderables como pino *Pinus sp.*; encino o roble *Quercus sp.* y ciprés *Cupressus sp.* en los sistemas agroforestales silvopastoril y en café con sombra de árboles diversos. Sus rendimientos son mostrados en el cuadro 17.

Cuadro 17. Relación de rendimientos en volúmenes de madera del sistema silvopastoril y en café con sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Especies	Volúmenes m ³ /ha		Porcentajes	
	Sistema silvopastoril	Sistema café con sombra de árboles diversos	Sistema silvopastoril	Sistema café con sombra de árboles diversos
<i>Pinus sp.</i>	40.00	19.52	67.20%	32.80
<i>Quercus sp.</i>	14.42	0.70	95.37%	4.63
<i>Cupressus sp.</i>	15.13	5.04	75.01%	24.99

Los rendimientos de madera en dimensiones de volumen, el sistema agroforestal silvopastoril se inclina por los mayores porcentajes, expresándose en un 67.20% con la especie ***Pinus sp.***, 95.37% en ***Quercus sp.*** y 75.01% en ***Cupressus sp.*** en comparación con los porcentajes del sistema café con sombra de árboles diversos.

C. Los Huertos Familiares

a. Descripción del sistema

Los huertos familiares es un sistema agroforestal que comprende el asocio de cultivos, árboles y/o animales domésticos que circundan una casa o habitación humana en el área de estudio, tal como se observa en las figuras 11, 12, 13 y 14, siendo de predominancia en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), con la característica de que la mayoría están ubicadas en áreas con siembra de café en asocio con otros cultivos y árboles de sombra.

b. Componentes del sistema

Los componentes que integran este sistema, según el cuadro 19, son principalmente: árboles frutales como naranja ***Citrus cinensis***, aguacate ***Persea americana***, jocote ***Spontia sp.***, mango ***Manguifera indica*** u otros; así como cultivos entre ellos café ***Coffea arabica***, güisquil ***Schium edule***, banano ***Musa sp.*** calabaza común, ayote ***Curcubita sp.***

Cuadro 18. Composición arbórea de los huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Familia	Nombre Científico	Tipo de Componente	Frecuencia	Porcentaje de Presencia
Lauraceae	<i>Persea sp.</i>	Agrícola	6	20.69
Anonaceae	<i>Anona scumosa</i>	Agrícola	2	7
Aacardiaceae	<i>Spontia sp.</i>	Agrícola	5	17.24
Myrtaceae	<i>Syzygiun jambos</i>	Forestal	1	3.45
Mimosaceae	<i>Inga parterna</i>	Forestal	2	7
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>	Forestal	1	3.45
Solanaceae	<i>Solanum bansii</i>	Forestal	1	3.45
Euphorbiaceae	<i>Hebea brasiliensis</i>	Forestal	1	3.45
Fabaceae	<i>Diphysa robinoide</i>	Forestal	3	10.34
Bignonaceae	<i>Jacaranda acutifolia</i>	Forestal	1	3.45
Mimosaceae	<i>Inga sp.</i>	Forestal	2	7.00
Rosaceae	<i>Erybotria japonica</i>	Agrícola	1	3.45
Bignonaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	Forestal	2	7
Rutaceae	<i>Citrus lemon</i>	Agrícola	3	10.34
Rutaceae	<i>Citrus cinensis</i>	Agrícola	4	13.79
Rutaceae	<i>Citrus aurantiifolia</i>	Agrícola	2	7
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	Agrícola	3	10.34
Rutaceae	<i>Citrus paradisi</i>	Agrícola	1	3.45
Rutaceae	<i>Citrus aurantiun</i>	Agrícola	1	3.45
Fabaceae	<i>Erythrina sp.</i>	Forestal	2	7
Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	Forestal	7	24.14
Moraceae	<i>Ficus sp.</i>	Forestal	1	3.45
Rosaceae	<i>Malus pumila</i>	Agrícola	1	3.45
Sapotaceae	<i>Pouteria zapota</i>	Agrícola	2	7
Anacardiaceae	<i>Manguifera indica</i>	Agrícola	1	3.45

Cuadro 19. Cultivos o arbustos de composición de los huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

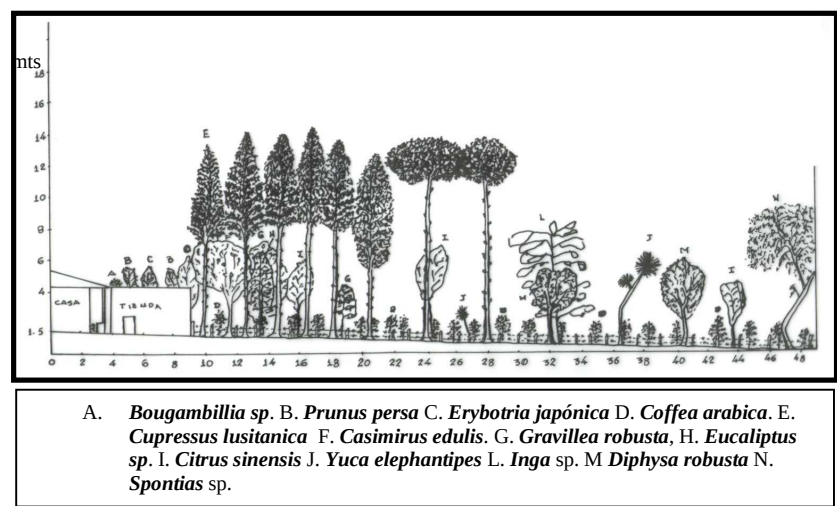
Familia	Nombre Científico	Tipo de Componente	Frecuencia	Porcentaje de Presencia
Agabaceae	<i>Yuca elephantipes</i>	Agrícola	14	48
Rubiaceae	<i>Coffea sp.</i>	Agrícola	20	69
Musaceae	<i>Musa sp.</i>	Agrícola	5	17
Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Agrícola	1	3
Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Agrícola	1 (0.20 m2)	3
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i>	Agrícola	3	10
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	Agrícola	1 (0.30 m2)	3
Arecaceae	<i>Chamaedorea falsifirea</i>	Agrícola	2	7
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Agrícola	2	7
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> var. <i>Leiocarpa</i>	Agrícola	1	3
Cucurbitaceae	<i>Schium edule</i>	Agrícola	3	10
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita sp.</i>	Agrícola	1	3
Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i>	Agrícola	1 (0.40 m2)	3
Solanaceae	<i>Capsicum sp.</i>	Agrícola	1	3
Asteraceae	<i>Aster silvestre</i>	Agrícola	2	7
Rosaceae	<i>Rosa chinensis</i>	Agrícola	4	14
Moraceae	<i>Ficus carica</i>	Agrícola	1	3
Lamiaceae	<i>Mentha citrata</i>	Agrícola	1 (0.10 m2)	3
Apiaceae	<i>Pteroselinum crispum</i>	Agrícola	1 (0.15 m2)	3

De los cuadros anteriores es factible la apreciación en los árboles y cultivos considerando la ponderación en el sistema de árboles del ciprés *Cupressus lusitanica* con un 24.14%, ocupa la primera posición y luego el aguacate *Persea americana* con un 20.69% y el jocote *Spontia sp.* en tercera posición con un 17.24%. En cuanto a los cultivos el café *Coffea arabica* en un 69.00% en primera posición, en segunda posición el izote *Yuca elephantipes* y banano *Musa sp.* con un 17.00%.

c. Estructura del Sistema

Los componentes en esta zona de vida predominantemente son: *Bougambillia sp.*, *P. persa*, *E. japónica*, *C. arabica*, *C. lusitanica*, *C. sinensis*, *C. papaya*, *M. Indica*, *Ficus sp.*, *Y. elephantiphes*,

Fragaria sp., entre otros son componentes de un arreglo mixto y no obedece a un arreglo espacial definido.



mts

Figura 11. Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huertos familiares en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.

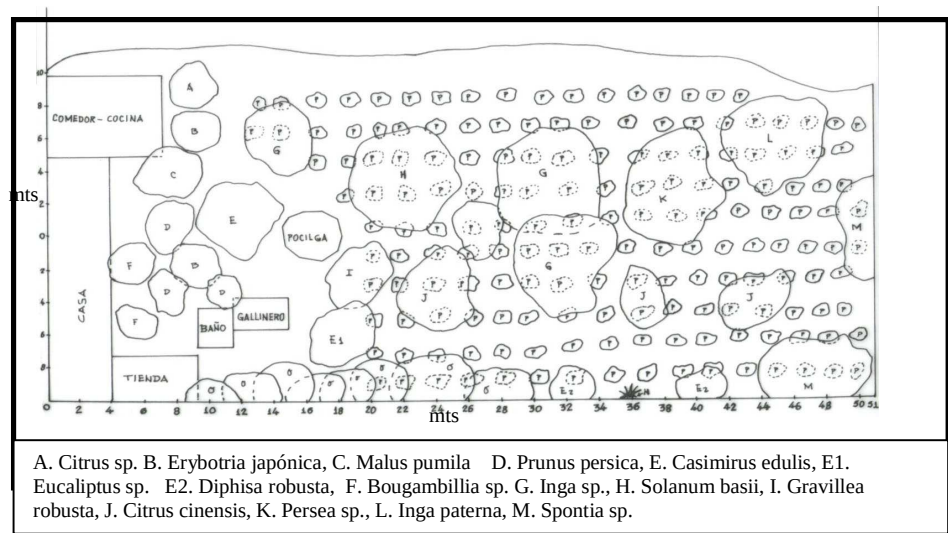
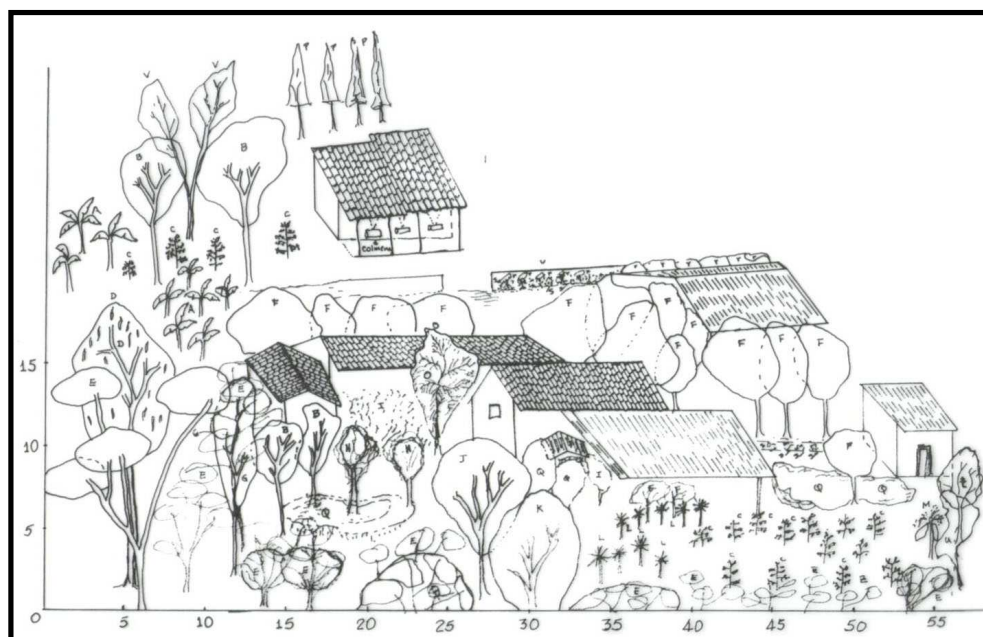
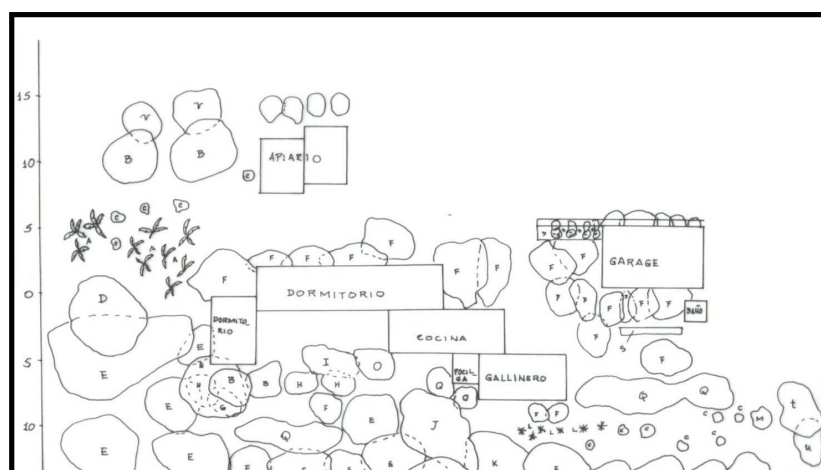


Figura 12. Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huertos familiares en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1999.



A. *Musa* sp., B. *Persea* sp., C. *Coffea arabica*, D. *Spatulea campanulata*, E. *Inga* sp., F. *Citrus cinensis*, G. *Prunus persica*, H. *Malus pumila*, I. *Rubus* sp., J. *Spodias* sp., K. *Manguífera indica*, L. *Yucca elephantiphes*, M. *Carica papaya*, O *Roystonea regia*, P. *Cupressus* sp., Q. *Schium edule*, R. *Ficus* sp., S. *Fragaria* sp., T. *Vateiria lundelii*, U. *Sapindus saponaria*, V. *Eucaliptus* sp.

Figura 13. Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huerto familiar en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.



A. *Musa* sp., B. *Persea* sp., C. *Coffea arabica*, D. *Spatulea campanulata*, E. *Inga* sp., F. *Citrus cinensis*, G. *Prunus persica*, H. *Malus pumila*, I. *Rubus* sp., J. *Spodias* sp., K. *Manguífera indica*, L. *Yucca elephantiphes*, M. *Carica papaya*, O *Roystonea regia*, P. *Cupressus* sp., Q. *Schium edule*, R. *Ficus* sp., S. *Fragaria* sp., T. *Vateiria lundelii*, U. *Sapindus saponaria*, V. *Eucaliptus* sp.

Figura 14. Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huerto familiar en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.

i) Arreglo Vertical: Los árboles frutales y forestales mantienen el estrato dominante y los arbustos y hierbas que en la mayoría son agrícolas componen el estrato dominado, teniendo este sistema una disposición vertical de biestratos.

ii) Arreglo Horizontal: En estos sistemas agroforestales la estructura establecida en su mayoría es densa y mixta regularmente, no existe un arreglo espacial definido, presentándose distancias irregulares entre los componentes.

d. Manejo actual del Sistema

Las poblaciones de arbustos y árboles cultivadas y de regeneración natural tienen un propósito decorativo, de sombra, de alimento u otro (medicina o industria, doméstico) y existe un manejo deliberado con limpiezas de malezas, fertilización convencional o cultural con programa (aprovechando el acolchado de la hojarasca), el programa es coordinado con las labores del cultivo aledaño (café *Coffea arabica*) que se le aplican dos limpiezas o deshierbes y fertilización química, una al inicio de las lluvias (abril-mayo) y la otra en época de lluvia (junio-agosto). En la fertilización los productos o fórmulas más aplicadas son: triple quince (15-15-15) y (20-20-0) correspondiente a los nutrientes mayores (N-P-K).

e. Productos y Servicios

Los productos que es posible cosechar, en los huertos familiares como alimento tenemos los cítricos *Citrus sp.*, deciduos *Prunus sp.*, aguacate *Persea americana*, banano *Musa sapientum*, jocote *Spontia sp.*, pacaya *Chamaedorea falsifrea*, ayote *Cucúrbita sp.*, flores de izote *Yuca elephantipes*, y productos comerciales café cereza, madera u otros. Cosecha de hierbas (hierba buena *Mentha citrata*) y como otro producto de cosecha la miel de abeja *Aphis melifera*.

Según el cuadro 20, el volumen de madera de las especies maderables más comunes la comprenden *Cupressus sp.* y *Diphysa robinoide*.

Cuadro 20. Volumen de madera estimados en huertos familiares de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

ESPECIE	ARBOL/Ha	DAP (cm) PROMEDIO	ALTURA PROMEDIO (m)	M ³ /Ha
<i>Cupressus sp.</i>	70	10	7	5.5
<i>Diphysa robinoide</i>	30	8	3	0.45
TOTAL	100			5.95

El cuadro anterior expresa el comportamiento del volumen de madera de las especies más encontradas en los huertos familiares, como ciprés *Cupressus sp.* con 5.5 m³/ha (asumido) con un total de 5.95 m³/ha. Esta relación de volumen por área, es lo calculado en resumen de una gama de huertos familiares que proliferan en esta zona de vida.

f. Estado actual del sistema

Los huertos familiares son una fuente agroforestal en esta zona que prolifera y se enriquece en hogares de escasos recurso, siendo estos peculiares en áreas con siembra de café. Su estado es ascendente por cuanto aumenta la población existente y por ende existen mayor número de viviendas y así unidades agroforestales.

g. Propuesta de mejora

Como una propuesta para mejorar el sistema es su asistencia técnica y así mejorar sus diseños y manejo para lograr eficiencia en la obtención de productos y servicios para los habitantes de la casa. Los huertos familiares en esta zona de vida, cuentan con una gama de árboles frutales, maderables y de sombra, en su generalidad están asociados con cultivos de café. Para mejorar este sistema, es necesario el autosostenimiento económico, el cual se alcanza con la comercialización de los productos de mayor requerimiento en el mercado los cuales pueden ser cítricos, aguacate, pacaya, jocote, mango u otros.

Para incentivar la comercialización de la producción de huertos familiares, es necesario la asistencia técnica y económica y así mejorar sus diseños y la productividad, con arreglo, que garanticen sostenibilidad.

6.2.2 ZONA DE VIDA BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL (CÁLIDO)

Esta zona de vida es característica de un área cafetalera definida, donde los sistemas agroforestales de café con sombra toman parte de una configuración boscosa, a estos se adhiere los huertos familiares, que se diferencian por la presencia de construcciones habitacionales con la inmersión de árboles frutales y cultivos caseros como un asocio al cultivo de café.

A. Sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos

a. Descripción del sistema

Entre los cultivos que enmarca el uso de la tierra agrícola de esta zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) es el café con sombra, la caña de azúcar y la ganadería, en el área de estudio predomina el primero, tal como se observa en las figuras 15 y 16.

b. Componentes del sistema

Según el cuadro 21 la composición de este sistema toma parte principal los árboles de sombra el cuje (*Inga fissiolyx*), madre cacao (*Gliricidia sepium*) y en tercera posición el cushín (*Inga laurina*).

Cuadro 21. Composición arbórea del sistema agroforestal café con sombra en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

FAMILIAS	NOMBRE CIENTÍFICO	TIPO DE COMPONENTE	FRECUENCIA	PORCENTAJE DE PRESENCIA
Bignonaceae	<i>Cybistax Donelli-Smith</i>	Forestal	1	12.5
Meliaceae	<i>Cedrela mexicana</i>	Forestal	1	12.5
Mimosaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Forestal	5	62.5
Papilionaceae	<i>Platymisium dimorphandrun</i>	Forestal	1	12.5
Mimosaceae	<i>Inga fysiolyx</i>	Forestal	8	100
Mimosaceae	<i>Inga laurina</i>	Forestal	4	50
Papilionaceae	<i>Eritrina sp.</i>	Forestal	2	25
Moraceae	<i>Ficus cooki</i>	Forestal	1	12.5
Bignonaceae	<i>Tabebuia pentaphylla</i>	Forestal	1	12.5
Mimosaceae	<i>Inga paterna</i>	Forestal	1	12.5
Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i>	Forestal	2	25
Papilionaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	Forestal	1	12.5
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Forestal	1	12.5

Las especies que integran la composición arbórea más común en el sistema café con sombra de árboles diversos son cuje *Inga fysiolyx*, con una presencia del 100%, luego está el madre cacao *Gliricidia sepium* con un 62.5% y una tercera posición el cushín *Inga laurina* con un 50% con respecto a los diferentes sistemas muestreados en la zona de vida.

c. Estructura del sistema

Las especies predominantes del sistema son: *C. aragica*, *Inga sp.*, *C. Donell-Smith*, *L. guatemalensis*, *D. robinoides* y *C. mexicana* están comprendidas con biestratos y multiestratos y las disposiciones son mixtas zonales y densas.

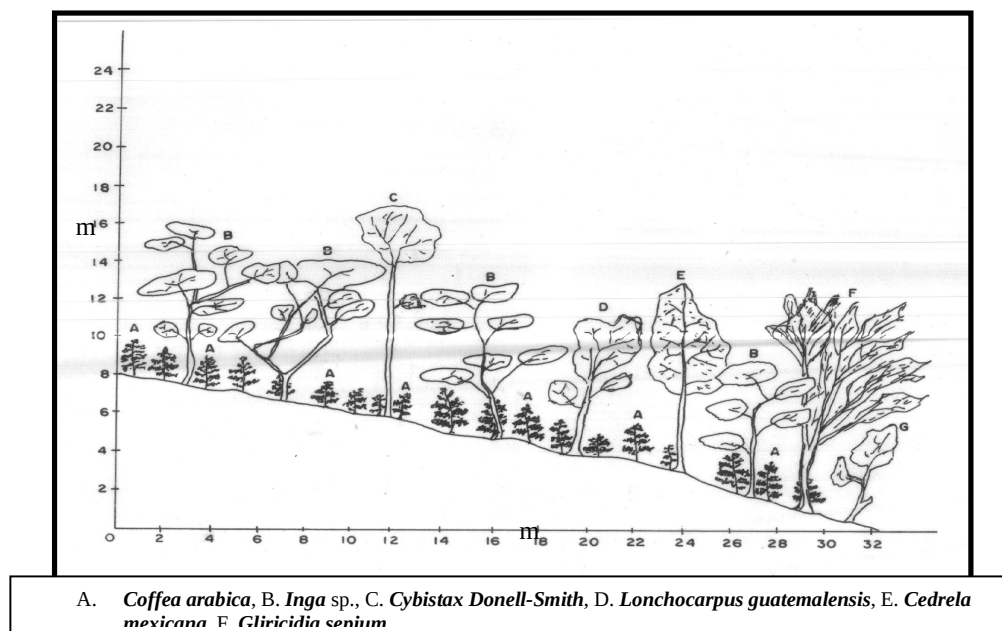


Figura 15. Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.

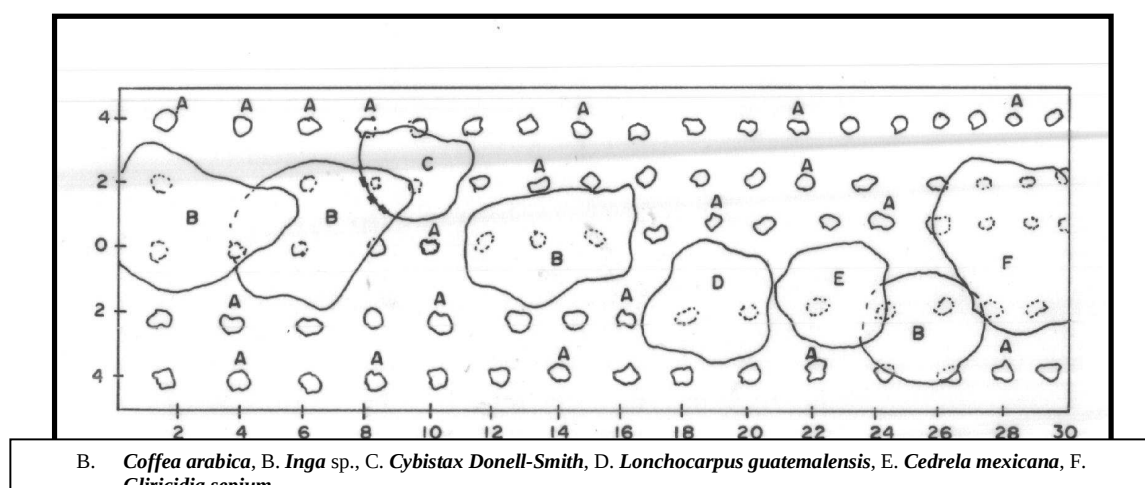


Figura 16. Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.

i) Arreglo Vertical: Las disposiciones de los árboles de sombra en el cultivo de café están comprendidas con biestratos y multiestratos. El estrato dominante lo confiere las especies arbóreas forestales y las dominadas las agrícolas, como en este caso el cultivo de café.

ii) Arreglo Horizontal: Las disposiciones que se mantienen en este sistema son mixtas, zonales y densas. Dada la relación entre componentes con distanciamientos irregulares entre árboles forestales, regulares en cultivos y la intersección de las copas muestran una masa densa boscosa.

d. Manejo Actual del Sistema

El manejo del sistema café con sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) se mantiene el nivel tecnológico de medio a bajo por la proporción de insumos y labores efectuadas (fertilización, podas, deshierbes, aplicación de plaguicidas, conservación de suelos u otros).

La poda de árboles alcanza un 2% de las fincas con un nivel tecnológico medio, la aplicación de fertilizantes es general utilizando las fórmulas 20-20-0 y 15-15-15 (triple quince), estos elementos corresponden a los elementos mayores (N-P-K), efectuándose en tres etapas, la primera al inicio de las lluvias durante los meses de mayo a junio, la segunda en los meses de agosto a septiembre y una última en los meses de octubre a noviembre. El control de malezas se lleva a cabo a través de la limpia al piso por medios mecánicos y el control de plagas y enfermedades es bien visto la aplicación de productos químicos y la selección de variedades resistentes, entre ellas el cultivar pache y catuai.

Entre las disposiciones de los árboles como sombra del café, la mixta se marca por la irregularidad de distancias con rangos de 4.00 mts. a 18.00 mts. en las especies *Gliricidia sepium*, *Inga fissiolyx* e *Inga laurina*, esta condición se cumple en plantaciones no tecnificadas. En la disposición zonal la distancia se mantiene regularmente en 8 x 9 metros en las especies *Inga fissiolyx* e *Inga laurina* en plantaciones con tecnificación del nivel medio.

Considerando los niveles tecnológicos se asumieron los tres niveles de rendimientos reportados por los productores, según el cuadro 22.

Cuadro 22. Rendimientos de los cultivos en relación al nivel tecnológico de la producción de café con sombra de árboles diversos en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

Niveles tecnológicos	Quintales/hectárea	Quintales/manzana
Alta	- - -	- - -
Media	186 – 315	130 – 220
Baja	72 – 129	50 – 90

En esta zona de vida no se encontraron niveles tecnológicos altos, calificándose únicamente los niveles medios a bajo, de los cuales se calcularon en el nivel medio con 251 quintales por hectárea (175qq/mz.) de promedio y el nivel bajo 101 quintales por hectárea (70qq/mz.) de promedio. Los niveles tecnológicos dependen de los recursos de la población, expresando los niveles tecnológicos bajos en los minifundios y los medios en áreas mas extensas.

e. Productos y Servicios

En este sistema, el componente arbóreo se especifica con las especies maderables más comunes que se consignan en una zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) y que sea propicio para sombra de café, encontrándose siete especies, de las cuales se cuantificó su dimensión volumétrica, descrito en el cuadro 23.

Cuadro 23. Volumen de madera del sistema agroforestal café con sombra de árboles diversos de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

ESPECIE	ARB./Ha	DAP (cm) Promedio	ALTURA (m) promedio	Volumen (M3/Ha)
<i>Cybistax Donell-Smith</i>	40	38.58	26	24.32
<i>Gliricidia sepium</i>	20	37	23	10.12
<i>Plantymisium dimorphandrum</i>	1	25	8	0.04
<i>Tabebuia pentaphylla</i>	1	43	12	0.36
<i>Diphysa robinoide</i>	2	22	7	0.06
<i>Casuarina equisetifolia</i>	60	18	9	3.24
<i>Cedrela mexicana</i>	20	22	25	90

De las siete especies enunciadas con sus respectivos cálculos, las que expresaron mayor volumen por área (ha) fueron cedro *Cedrela mexicana* con 90 m³/ha, palo blanco *Cybistax Donell-Smith* con 24.96 m³/ha y madre cacao *Gliricidia sepium* con 10.12 m³/ha. La siembra de café se encuentra proliferada por el género Inga, siendo un árbol idóneo para la sombra no así preferido en el uso en talle de madera, las especies maderables enunciadas se encuentran en áreas restringidas pero son apreciadas en el talle de madera.

Esta área se tipifica por ser en su extensión de uso cafetalera a pesar de la incidencia climática en el bajo rendimiento en comparación con la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (templado), sus condiciones tecnológicas se encuentran entre media a baja y las edáficas un poco favorecidas por ser áreas de sedimento.

f. Estado actual del sistema

En esta zona de vida en el área de estudio el sistema café con sombra de árboles diversos se aprecia en estado de establecimiento en cuanto a cobertura, por lo cual no se encontró a la fecha, cambios de uso de la tierra agroforestal significativa. La diferencia del sistema es una depresión de

calidad del arbusto de café, no manteniendo el vigor apreciado antes de la caída del precio del grano, esto se infiere a que en áreas aisladas la aplicación de insumo al sistema a sufrido cambios (aplicación de fertilizantes).

g. Propuesta de mejora

Dada la baja del precio del grano, es recomendable en esta área, que los productores que no cuentan con la inmersión de árboles de maderas preciosas encontradas en la zona como *Cibistax Donell-smith* y *Cedrela mexicana*, cuenten con incentivos forestales por el programa del PINFOR-INAB (Proyecto de incentivos forestales- Instituto Nacionales de Bosques) para introducir estas especies maderables en distancias de 25 m x 25 m y 50m x 50m respectivamente y así aumentar la compensación económica del productor, mejorando el sistema agroforestal minimizando el riesgo del fracaso. Considerar una certificación de café orgánico para rescatar el sistema.

B. Sistema Huertos Familiares

a. Descripción del sistema

En estas áreas, los huertos familiares están compuestos por diversos árboles frutales, ornamentales, de sombra, maderables y plantas al igual ornamentales, de alimento, medicinal y producción café *Coffea sp.*

b. Composición del Sistema

Según los cuadros 24, 25 y 26, en su generalidad la composición de este sistema esta comprendido en matorral (plantas ornamentales), árboles medianos y árboles de altura superior (horizontalmente), cultivos (café *Coffea sp*, maíz *Z. mays*, papaya *C. papaya*, yuca *M. sculenta*, etc) y animales domésticos.

Cuadro 24. Composición arbórea del sistema Huerto Familiar, en la Zona de Vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido), de la Parte Alta de la Cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

Familia	Nombre Científico	Tipo de Componente	Frecuencia	Porcentaje de Presencia
Mimosaceae	<i>Inga sp.</i>	Forestal	4	50
Rutaceae	<i>Citrus cinensis</i>	Agrícola	5	62.5
Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	Agrícola	4	50
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Agrícola	6	75
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Agrícola	7	87.5
Moraceae	<i>Cecropia sp.</i>	Forestal	1	12.5
Meliaceae	<i>Cedrela mexicana</i>	Forestal	1	12.5
Lauraceae	<i>Persea sp.</i>	Agrícola	2	25
Fabaceae	<i>Diphyisia robinoide</i>	Forestal	1	12.5
Papilionaceae	<i>Platymisium dimorphandrun</i>	Forestal	1	12.5
Bambusaceae*	<i>Bambusa sp.</i>	Forestal	1	12.5
Bignonaceae	<i>Cybistax Donell-smith</i>	Forestal	1	12.5
Fabaceae	<i>Erythrina sp.</i>	Forestal	1	12.5
Fabaceae	<i>Cajanus bicolor</i>	Forestal	1	12.5
Cletraceaceae	<i>Cletra sp.</i>	Forestal	1	12.5
Sapotaceae	<i>Pouteria sp.</i>	Forestal	1	12.5
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	Agrícola	1	12.5
Anacardiaceae	<i>Spontia spp.</i>	Forestal	1	12.5
Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	Forestal	2	25
Rosaceae	<i>Lycania sp.</i>	Forestal	1	12.5
Casuarinaceae	<i>Casuarina sp.</i>	Forestal	1	12.5
Mimosaceae	<i>Gliricia sepium</i>	Forestal	2	25

Cuadro 25. Composición de Cultivos del huertos Familiares, en la Zona de Vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido), de la Parte alta de la Cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

Familia	Nombre Científico	Tipo de Componente	Frecuencia	Porcentaje de Presencia
Arecaceae	<i>Chamaedorea falcifera</i>	Agrícola	3	37.5
Musaceae	<i>Musa sp.</i>	Agrícola	5	62.5
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Agrícola	2	25
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	Agrícola	2	25
Agavaceae	<i>Yuca sp.</i>	Agrícola	2	25
Rosaceae	<i>Rosa chinensis</i>	Agrícola	3	37.5
Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i>	Agrícola	1	12.5
Arecaceae	<i>Cocus nucifera</i>	Agrícola	2	25
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	Agrícola	6	75
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Agrícola	1	12.5

Cuadro 26. Principales animales que forman el Sistema Huertos Familiares, en la Zona de Vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido), Parte Alta de la Cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

Tipo de Animal	Frecuencia	Porcentaje
Gallinas o aves de corral	8	100
Cerdos	2	25
Equino o Bestia mula	1	12.5
Ganado Vacuno	2	25

El comportamiento del componente vegetal con las especies arbóreas y de cultivo en interacción con el componente animal en los huertos familiares de esta zona de vida, parten de que las especies: *Mangifera indica* (mango) en su mayor predominancia con un 87 por ciento y *Citrus cinensis* (naranja dulce) con 62.5 por ciento como plantas mayores o arbóreas; luego los cultivos con *Coffea arabica* (café) en 75.0 por ciento, *Musa sp.* (banano y/o plátano) en 62.5 por ciento y *Chamaedorea falcifera* (pacaya), *Rosa chinensis* (rosas) con un 37.5 por ciento y por complemento tenemos el componente

animal, con tipos de animales domésticos, siendo gallinas o aves de corral en una presencia dentro de los huertos familiares muestreados en un 100 por ciento, siguiendo los cerdos con un 37.5 por ciento y por último el ganado vacuno en un 25 por ciento. Lo anterior descrito sobre huertos familiares, con sus componentes y elementos en las posiciones jerárquicas en predominancia y preferencia por la población y las condiciones naturales, que determinaban su presencia en este hábitat, mostrado en las figuras 17 y 18.

c. Estructura del Sistema

El cultivo de café con su sombra de árboles u otros cultivos que conforman el sistema y el componente animal con especímenes domésticos y silvestres, son comunes en su presencia en la mayoría de viviendas humanas, en lo que comprende el perímetro de estas.

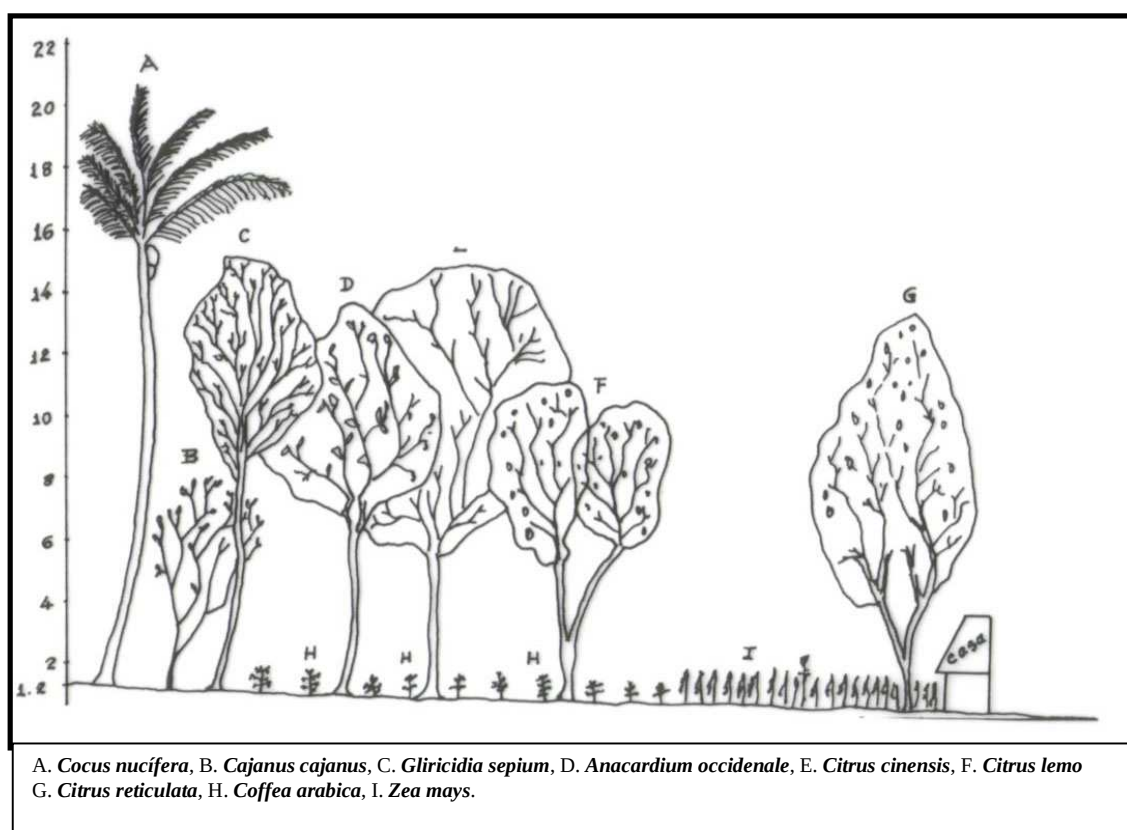


Figura 17. Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal huerto familiar en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.

i) Arreglo Vertical: En relación al arreglo de los componentes de este sistema, se establecieron las disposiciones zonal, mixta, concomitante, densa y de multiestratos, esto es permisible definirlo dado a que ciertos componentes arbóreos si presentan horizontalmente en su arreglo líneas definidas (cítricos en producción), otros sus distancias son irregulares, el componente leñoso está presente sólo durante ciertos períodos (cítricos), su densidad se refiere a la intersección de las copas entre los diferentes pisos que se presentan en los componentes de los huertos familiares de esta zona de vida.

En la posición horizontal existen diferentes estratos de los cuales tenemos el de los cultivos inferiores como el café, la pacaya, la caña de azúcar, las plantas condimenticias (alimenticias y ornamentales); superior al estrato anterior se encuentran los cítricos, jocote, papaya, guarumo, aguacate,

las Ingas y ciertos árboles maderables; en el piso superior predominan algunos árboles maderables y de alimento (palo blanco, ciprés y mango).

d. Manejo Actual del Sistema

Según la definición estructural del sistema, el arreglo espacial está determinado por la disposición de los componentes, en este caso tenemos las disposiciones zonal, la cual comprende las especies arbóreas: *Inga sp.* y *Citrus cinensis* con distancias regulares de 8 x 9 mts. y 6 x 8 mts. respectivamente; en cultivos productivos comprende la especie *Coffea arabica* (café) y *Zea mays* (maíz) con distancias regulares de 1.10 x 1.80 mts. y 0.40 x 0.80 mts. respectivamente.

En el manejo de este sistema generalmente consiste en deshierbes, podas, fertilización, control de plagas y enfermedades, efectuadas con el propósito de darle vitalidad al cultivo principal, del cual se requiere una producción que garantice un rendimiento de rentabilidad.

El deshierbe se realiza por acción mecánica a través de azadón o machete; teniendo un programa que inicia con la época de lluvia (mayo-junio), luego en el intermedio de la estación (agosto-septiembre) y para finalizar la época (octubre-noviembre).

La poda no se generaliza en los huertos familiares de la zona, con excepción si se requiere extraer un producto inmediato (leña o regulación de sombra). Particularmente los huertos familiares que contemplan el cultivo de café con sombra ciertos casos si es efectiva la poda de los árboles y el propio cultivo y otro en asocio. Esta poda se realiza con procedimientos convencionales, como corte de partes bajas tanto del cultivo como de los árboles y la parte alta o descope (ortotrópico) llevándose a cabo después de la cosecha.

La fertilización es realizada al igual que la eliminación de malezas, en tres fases, inicio, intermedio y final de las lluvias, utilizando para ellos las fórmulas 20-20-0, 16-20-0, 15-15-15 (triple quince) aplicando nutrientes mayores de nitrógeno $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, fósforo (P_2O) y potasio (K_2P) respectivamente. Además existe el abono orgánico que es producto del estiércol de los animales domésticos y silvestres, como material biodegradable saliente de la casa.

El programa del control de malezas, plagas y enfermedades, fertilización y poda generalmente es efectivo en los huertos familiares que la parte perimetral de la casa se cultivo café con sombra o cítricos con fines económicos.

El control de plagas y enfermedades, se objeta en la acción de exclusión, erradicación y protección de las plantaciones con productos químicos como Benlate, Daconil, Metasystox y Malathion en sus respectivos programas y dosis.

e. Productos y Servicios

En rendimiento de los huertos familiares en lo que respecta a cultivos, en esta zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) es propio el café y maíz que se asocian con especímenes arbóreos.

Siendo el cultivo de café el de mayor presencia en los huertos familiares, mantiene sus variantes en dependencia de su asocio arbóreo y manejo, siendo su rango de rendimiento de 34 – 49 quintales por hectárea (50 – 70 quintales por manzana) lo que respecta a la cosecha de café maduro (cereza).

La plantación de naranja en producción se cuantifica su rendimiento en las distancias siguientes: cada árbol es capaz de producir un rango de 400 – 500 unidades (naranjas) en cosecha anual, esto equivalente a 56,000 – 70,000 unidades por hectáreas, siendo esto deducible a una densidad de 140 árboles por hectárea.

Para estimar volumen de madera en los huertos familiares, mostrado en el cuadro 27, en relación a la unidad de área (hectárea) se consideró la presencia de especímenes en área de muestreo.

Cuadro 27. Volumen de madera estimados en el Sistema Agroforestal Huertos Familiares en la Zona de Vida Bosque Húmedo Subtropical (cálido) de la Parte Alta de la Cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

Especie	Arb./ha.	DAP cm.	Altura m.	Vol./ha. m3
<i>Cybistax Donell-Smith</i>	40	38.58	26	24.32
<i>Cederla mexicana</i>	1	18	8	0.2
<i>Diphysa robinoide</i>	1	23	7	0.29
<i>Cupressus sp.</i>	2	21	12	0.42
<i>Gliricidia sepium</i>	1	36.4	18	1.87

Las especies de *Platymisium dimorphandrun* (hormigo) y *Cletra sp.* (chico) no fueron considerados en la cuantificación de volúmenes de madera por encontrarse en la esta de regeneración en brinzales y latizales respectivamente.

El cuadro anterior nos muestra el volumen de madera por hectárea, sobresaliendo en la especie *Cybistax Donell-Smith* (Palo blanco) con 24.32 m³/ha. Y luego tenemos *Gliricidia sepium* (madreado o madre cacao) con 1.87 m³/ha.

Dentro de estos árboles maderables, su estancia en los huertos familiares responde a un origen, ya sea espontáneo o cultivados con interés económico (palo blanco y cedro) y de obtener un servicio o producto (madreado o madre cacao, guachipilín).

La mayoría de estos productos son de autoconsumo a excepción del fruto de naranja el cual es comercializado.

f. Estado actual del sistema

Estos huertos familiares son ricos en árboles productores de frutas comestibles y comerciales, entre ellos está el mango *Mangifera indica* y naranja *Citrus cinensis* los cuales son sembrados con prácticas convencionales; siendo un sistema que se mantiene y tiende a mejorar, por ello es conveniente su asistencia técnica para superar la actual producción del fruto y su comercialización.

g. Propuesta de mejora del sistema

Para mejorar este sistema es necesario que se lleve una asistencia técnica calificada para un buen aprovechamiento del área y los recursos que cuenta la población.

6.2.3 ZONA DE VIDA BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO SUBTROPICAL

En la región se visualizó la combinación del estrato boscoso con ganado vacuno para la producción de leche y carne, con siembra de hortalizas y maíz. Por lo cual se definen los sistemas agroforestales denominados silvopastoril, huertos familiares agroforestales (agroforestales para la producción animal), agrosilvícola (siembra del cultivo de papa y maíz en asocio con especímenes forestales), siembra de árboles en línea (cortinas rompevientos y cinturones de protección, cercos vivos, huertos familiares y agroforestales.)

De los sistemas agroforestales determinados en la zona de vida bosque húmedo montano bajo los que predominan son los siguientes: en producción de animales con árboles (silvopastoril, y siembra de árboles en línea.

A. Sistema Silvopastoril

a. Descripción del sistema

Este sistema se caracteriza en esta zona de vida por la presencia de ganado vacuno pastando en potreros cubiertos por arbustos y árboles, tal como se observa en las figuras 19 y 20.

b. Composición del Sistema

Las especies predominantes que componen el sistema silvopastoril en esta área se estructuran en un piso superior con *Pinus sp.* (pino) y *Cupressus sp.* (ciprés), un piso intermedio con *Quercus sp.* Y *Eucaliptus sp.* Y un piso inferior con *Cassia alata* (barajo). Estas especies se encuentran unidas o separadas en un solo estrato en diferentes potreros. Manteniéndose relativamente unidos el *Pinus sp.*, *Quercus sp.* Y en ocasiones esporádicas consistiendo cercos o cinturón de protección la especie *Cupressus sp.*. los estratos que están aislados son *Cassia alata* (barajo) y *Eucaliptus sp.*

La *Cassia alata* se encontró en áreas con topografía escarpada y *Eucaliptus* sp. en un relieve ondulado (específicamente en un destacamento militar en jurisdicción de San José Pinula, departamento de Guatemala).

La cobertura de pasto en su generalidad es de *Paspalum notatum* (grama común) y otros de menor presencia *Cynodon dactylon* (bermuda o cuerquilla) y *Pennisetum clandestinum* (kikuyú).

En cuanto al componente animal se encontraron en el área de pastoreo bajo y con árboles o arbustos ganado vacuno con genotipos predominantes de: Holstein, Jersey y Brown Swiss.

c. Estructura del Sistema

En el sistema silvopastoril predominan arbustos y árboles como *Pinus* sp., *Cupressus* sp y *Eucaliptus* sp., que componen el piso superior y barajo como piso inferior, además en los potreros bovinos pastando en *P. Notatum*, en un arreglo mixto.

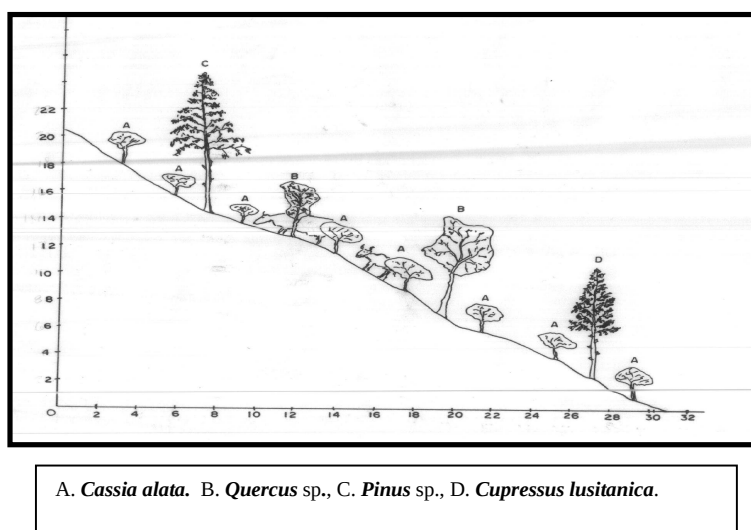


Figura 19. Perfil de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

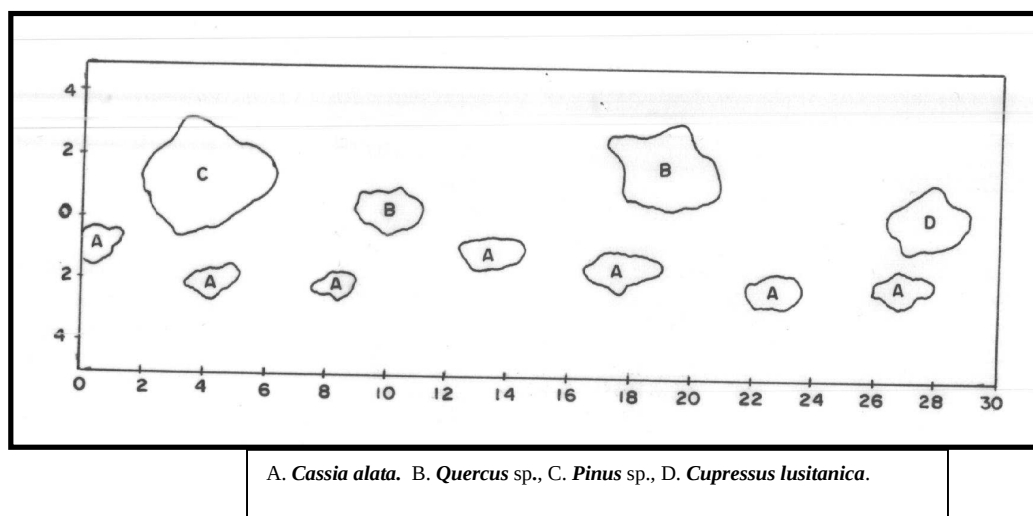


Figura 20. Plano de la parcela de muestreo del sistema agroforestal silvopastoril de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2001.

i) Arreglo Vertical: La población de árboles espacialmente se dispone en multiestratos ya que existen árboles de diferentes edades en los distintos bosquetes o rodales.

ii) Arreglo Horizontal: La cubierta de árboles donde los animales son pastoreados en bosques dispersos y densos, siendo sus arreglos mixtos.

d. Manejo actual del sistema

El sistema no tiene un manejo diseñado o planificado. Esporadicamente se manejan las especies arbustivas y otras indeseables que compiten con el pasto. Realizan desrame de árboles y raleo de las especies dominantes para la formación de los potreros. El sistema de pastoreo es continuo usualmente.

e. Productos y Servicios

Según el cuadro 28 los volúmenes se establecen en áreas donde las coníferas forman parte en la combinación con ganado vacuno, siendo especies arbóreas típicas el *Pinus sp.*, *Cupressus sp.* y en presencia mínima la especie latifoliada *Quercus sp.*

Cuadro 28. Volumen de Madera Estimado en el Sistema Agroforestal Silvopastoril en la Zona de Vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la Parte Alta de la Cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

Especie	Arb./ha	DAP cm.	Altura m.	Vol./ha. M³
<i>Pinus sp.</i>	150	34	23	187.93
<i>Cupressus sp.</i>	60	27	18	16.49

f. Estado actual del sistema

Dada la crisis pecuaria que se acentúa en el ganado bovino la población de ganado vacuno se reduce al igual que las áreas de pastoreo, surgiendo siembras de hortalizas en pendiente de relieve quebrado a escarpado.

g. Propuesta de mejora

Se propone realizar un inventario forrajero en la región y diseñar un sistema de pastoreo racional, que incluya cercas vivas con especies forrajeras arboreas como *Erythrina sp.* y especies arboreas de valor económico como árboles dispersos o bosquetes dentro de los potreros.

B. Siembra de árboles en arreglo lineal

a. Descripción del sistema

En esta zona de vida bosque húmedo montano subtropical dentro de la siembra de árboles en arreglo lineal, incluye a las cortinas rompevientos o cinturón de protección, los cuales en ciertas oportunidades cumplen funciones de cercos vivos o setos y de linderos. La siembra de árboles definidos como cercos no son representativos, los que se encuentran son árboles de las especies de *Eritrina sp.* (palo de pito), *Cupressus sp.* (ciprés) y *Eucaliptus sp.* (eucalipto), tal como se muestra en las figuras 21 y 22.

b. Componentes del sistema

Entre los elementos que integran las cortinas rompevientos o cinturones de protección y cercos vivos, se describen en el cuadro 29.

Cuadro 29. Componente arbóreo del sistema agroforestal de siembra de árboles en línea en la zona de vida bosque húmedo subtropical de la parte alta de la Cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PONDERANCIA	PRESENCIA
Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	90	Cinturón de protección o cortinas rompevientos y cercos vivos o setos
Pinaceae	<i>Pinus sp.</i>	5	Cercos vivos o setos
Fabaceae	<i>Erythrina sp.</i>	2	Cercos vivos
Myrtaceae	<i>Eucaliptus sp.</i>	1	Cercos vivos
Cesalpinaceae	<i>Cassia alata</i>	1	Potreros y cercos vivos

Los datos anteriores nos expresan que *Cupressus sp.* Es la especie predominante en un 90%, dado a su preferencia y el cumplimiento de su función en cortina rompevientos, cinturón de protección y en ciertos casos como cercos vivos en esta zona de vida.

c. Estructura del sistema

Este sistema compuesto por *C. lusitanica*, *C. alata* y *Pinus sp.* obedecen a una disposición zonal y un crecimiento lineal como cercos vivos o cortinas.

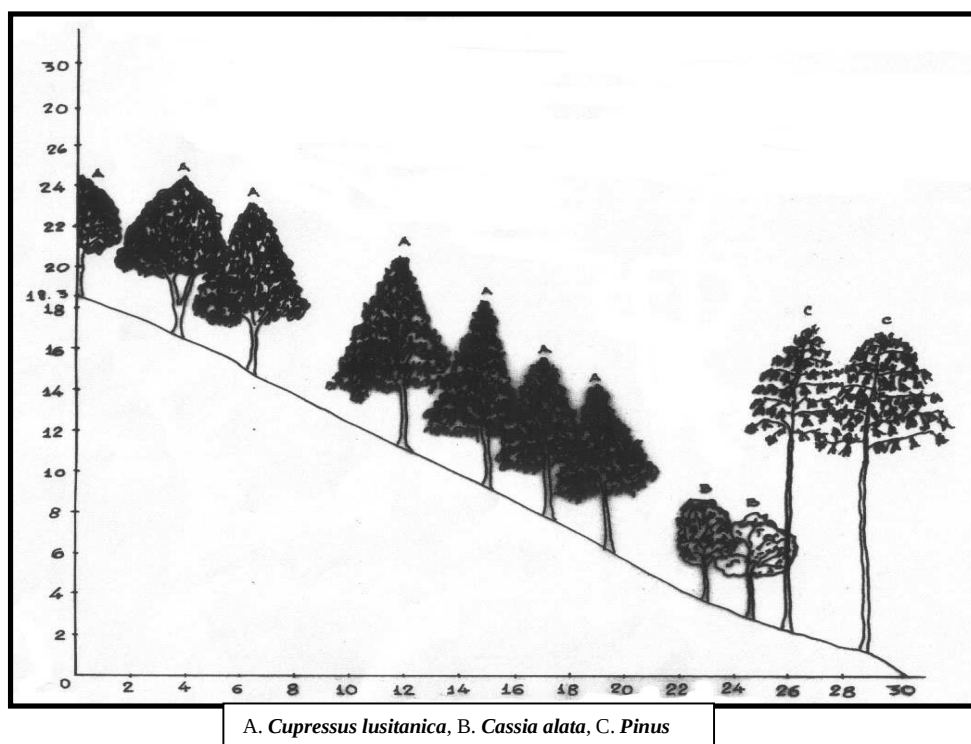


Figura 21. Perfil de la parcela de muestreo del sistema siembra de árboles en línea en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.

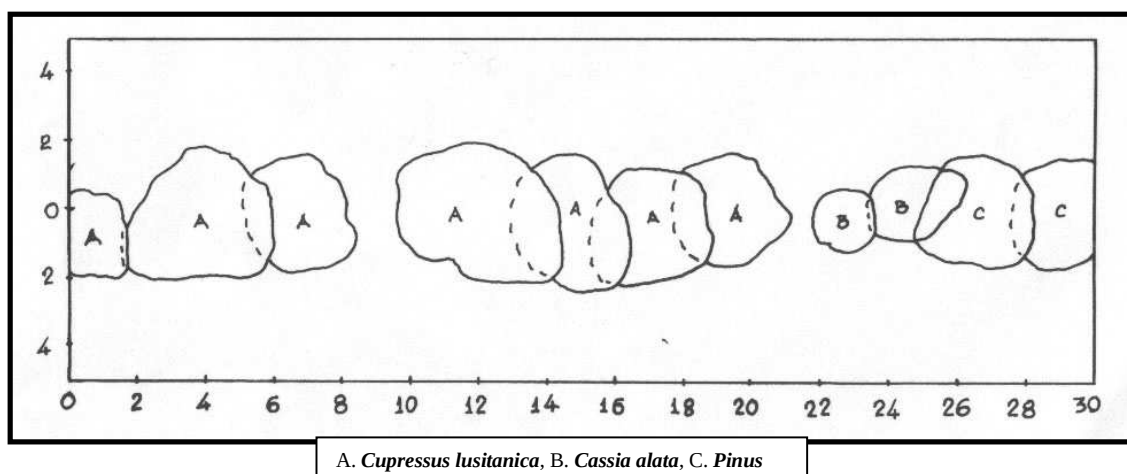


Figura 22. Plano de la parcela de muestreo del sistema siembra de árboles en línea en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 2000.

La disposición que se maneja en este sistema, en su generalidad es de disposición zonal, dado a la regularidad de las distancias que se mantienen en el elemento arbóreo.

Cuando existen cultivos aledaños a las cortinas, cercos vivos, setos o cinturones de protección, estos se disponen con respecto a los árboles en el tiempo con disposición de superposición, intermitente o interpolada y concomitante.

El arreglo espacial de este sistema, aduce a la naturaleza de la siembra de árboles en línea con distancias regulares que se mantiene en un rango de 3 – 4 metros entre fuste, con intersección de copas y con un estrato simple.

d. Manejo actual del sistema

Las cortinas rompevientos o cinturones de protección, no llevan un manejo programado debido a la función que cumplen en esta área, mientras que los cercos vivos que también cumplen la función de protección, si son podados en las ramas laterales a una altura aproximada de 3 – 6 metros.

e. Productos y Servicios

Según el cuadro 30, la cuantificación de volúmenes de madera de las especies que conforman las cortinas rompevientos, cinturones de protección o cercos vivos que están en sistemas de siembra de árboles en línea.

Cuadro 30. Volúmenes de madera del sistema agroforestal, siembra de árboles en línea de la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

ESPECIE	ARB-100 m.	DAP cm.	ARB./100 mt.	VOL(m ³)/LINEA (100 m)
<i>Cupressus spp.</i>	22	36	16	21.12
<i>Pinus spp.</i>	1	21	10	0.18

El espécimen predominante en este sistema es *Cupressus sp.* (ciprés), el cual alcanza 21.12 m³ promedios en 100 metros.

f. Estado actual del sistema

La siembra de árboles en línea es el sistema que predomina en el área como cortina rompevientos, cercas vivas o setos; no viéndose cambios en el aumento de cobertura.

g. Propuesta de mejora del sistema

Presentándose esta situación, es viable proponer un incentivo forestal por área forestada a través del Programa PINFOR del INAB para aumentar la cobertura forestal.

6.2.4 ZONA DE VIDA BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO SUBTROPICAL

Esta área incluye a los municipios de San José Pinula departamento de Guatemala y municipio de Mataquescuintla del departamento de Jalapa, que es parte limítrofe del parte aguas de la cuenca del Río Los Esclavos. Entre sus características físicas presenta en el relieve una topografía accidentada, siendo la elevación de un rango que comprende de 1,800 a 2,076 msnm (en la cuenca en estudio), su vegetación la componen bosques mixtos de latifoliadas y coníferas con bosque bajo secundario. El clima lo marca el patrón de lluvia de una precipitación anual de 2,065 a 3,900 mm., con promedio anual de 2,730 mm. La biotemperatura de 12.5 a 18.6°. Estimándose la evapotranspiración potencial en 0.35 y un suelo superficial de un buen drenaje, de color café oscuro a café muy oscuro, con texturas de franco a franco arcilloso, estructura friable, profundidades de 40 a 50 cm., y en su uso agrícola es común cultivos de maíz, papa, hortalizas, manzana, durazno, pera y aguacate.

En el recorrido del área se determinó el sistema agroforestal correspondiente a la disposición de árboles en línea, en este caso corresponde a cerco vivo o seto, el cual consiste en la existencia de árboles en el área de cerco en el trayecto de paso vehicular de esta zona de vida. Los árboles predominantes, corresponden a la especie *Cupressus lusitanica* (ciprés común).

A. Sistema agroforestal siembra de árboles en línea

a. Descripción del sistema

Este sistema corresponde a la plantación de la especie *Cupressus lusitanica*, la cual sirve como cerco y lindero entre la carretera y las propiedades aledañas, tal como se observa en las figuras 23 y 24.

b. Composición del sistema

En la composición de este sistema la especie preferida en esta zona de vida, dado a sus condiciones de hábitat y condiciones propias, es la especie *Cupressus lusitanica* (ciprés común). Se encontraron árboles con altura hasta de 27 m. que cubre una línea única de piso superior, mientras que el segundo estrato contiene árboles de 11 metros y un último piso lo componen una línea de postes de madera petrificada con adherencia de dos a tres prolongaciones de alambre de púas.

c. Estructura del sistema

El arreglo dentro del sistema se encuentra en una disposición zonal, puesto que los árboles son sembrados en línea y mantienen una estructura homogénea, funcionando como cortinas rompevientos o cercos vivos.

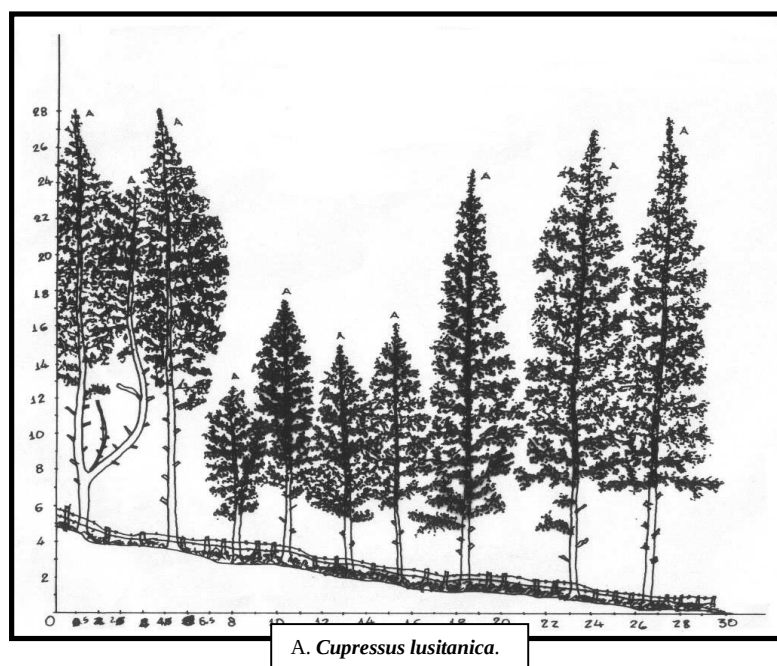


Figura 23. Perfil de la parcela de muestreo del sistema siembra de árboles en línea en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1998.

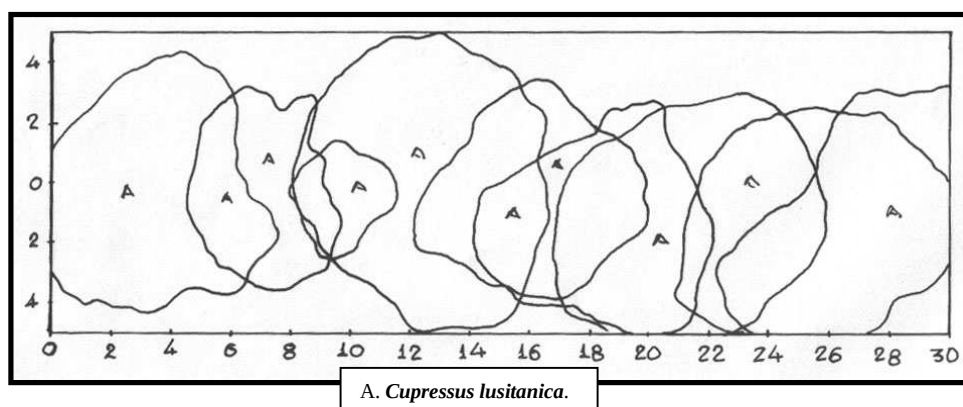


Figura 24. Plano de la parcela de muestreo del sistema siembra de árboles en línea en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical de la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos, año 1998.

Por su naturaleza estos sistemas de árboles en línea mantienen una estructura homogénea por su disposición zonal, dado que las distancias horizontales entre fuste de los individuos de la especie mantienen distancias regulares y en la posición vertical un estrato doble (biestrato).

El arreglo espacial de los árboles sembrados en línea con función de cerco, se encuentran en distancias con rangos de 1.6 a 4.2 metros mientras que en línea vertical se encuentran dos estratos, con la definición de uno sólo por el cubrimiento del piso superior encontrándose distancias verticales o alturas con un rango de 11 a 27 metros.

d. Manejo actual del sistema

Los árboles en línea son desramados (podados) eventualmente, a partir de una altura de 6 a 8 metros. Es posible que haya existido en el proceso de crecimiento de los árboles una resiembra, esto es expresado en las diferentes distancias de los árboles, a pesar que se expresa un estrato dominante y un estrato dominado. Además se encuentra la línea inferior o sea el área vertical del desrame de los árboles limpia o chapeada hasta el piso.

e. Productos y Servicios

Siendo la especie dominante *Cupressus lusitanica*, la que se manifiesta con diámetros a la altura al pecho (DAP) con un rango de 18 a 48 cm., tomados a 1.3 metros sobre el piso en los fustes, se consideró el volumen de madera, mostrado en el cuadro 31.

Cuadro 31. Volumen de madera estimado en el sistema agroforestal siembra de árboles en línea en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical en la parte alta de la cuenca del Río Los Esclavos, año 2001.

ESPECIE	ARB./cm LINEA DE 100 m	DAP cm	ALTURA m	VOL (m ³)/LINEA (100 m)
<i>Cupressus lusitanica</i>	30	33	20	30.96

f. Estado actual del sistema

En esta zona de vida, las prácticas agroforestales de siembra de árboles en línea mantienen un estado no expandible que tiende a suprimirse por uso urbano de la tierra (establecimiento de colonias u otra construcción); en este caso se establecen muros en los límites de la carretera.

g. Propuesta de mejora del sistema

Para la enmienda del cambio de uso de la tierra que suprime la práctica, se propone como acción; el mejoramiento de las líneas de árboles que existen e incentivar la siembra de otras líneas de árboles en áreas idóneas. Además es parte de este estudio el sugerir que los sistemas agroforestales sean parte del programa de incentivos forestales (PINFOR) del Instituto Nacional de Bosques (INAB).

7. CONCLUSIONES

7.1 Las zonas de vida que inciden en el área de estudio son: Bosque Húmedo Subtropical templado, Bosque Húmedo Subtropical cálido, Bosque Húmedo Montano bajo Subtropical y Bosque muy Húmedo Montano bajo Subtropical, en los cuales los sistemas agroforestales encontrados se clasifican en: a) Agrosilvícolas, b) Silvopastoril y c) Agrosilvopastoril.

7.2 En los sistemas agrosilvícolas predominan las especies de sombra de café tales como: ingas *Inga sp.*, madre cacao *G. sepium* y gravilea *G. robusta*, además ciprés *C. lusitánica*, palo blanco *Cybistax Donell-smith*, cedro *C. mexicana*, como especies maderables, cultivos como el café *Coffea sp.*, maíz *Z. mays*, aguacate *P. americana*, cítricos *Citrus sp.*; en cuyo sistema existe conservación de suelos, manejo y cuidado del café a un nivel tecnológico de medio a bajo, resiembras, chapeos y aprovechamiento de café (fruto), leña, alimento, fertilización natural del suelo.

7.3 En los sistemas silvopastoriles predominan las especies de: guachipilin *D. robinoides*, palo de pito *Erithryna sp.*, madre cacao *G. sepium*, palo de jiote *B. simaruba*, ciprés *C. lusitánica* como árboles de cerco; pastos como el jaraguá *H. rufa*, bermuda *C. dactylon*, estrella africana *C. nlemfuensis*, grama común *P. notatum*, sobre los cuales conviven el ganado bovino y equino de subsistencia en su mayoría; en donde no existe un plan de manejo de sanidad y profilaxis, de carga animal y si un nivel bajo de selección de razas y aprovechamiento de derivados del ganado bovino. Carecen de un manejo de potreros y solo se practican los chapeos deliberados, desrame de cercos. Se aprovechan la leña, carne, leche entre otros a baja escala.

7.4 En los sistemas agrosilvopastoriles o de huertos familiares entre sus componentes, se encuentran las especies predominantes: jocote *Spontia sp.*, aguacate *P. americana*, cítricos *Citrus sp.*, zapote *P. sapota*, deciduos *Prunus sp.*; cultivos como: banano *M. sapientum*, ayote *Cucurbita sp.*, pacaya *C. falsifrea*, guisquil *S. edule* mango *M. indica*, hierbas como la menta *M. citrata*, ornamentales como: izote *Y. elephantipes*; el ciprés *C. lusitánica*, palo de pito *Erithryna sp.*, el pino *Pinus sp.*, el cedro *C. mexicana* en cercos o linderos. En éstas áreas solo se aplican limpias, desyerbas, resiembras y poda; existe manejo deliberado de abejas *A. mellifera*, y los productos del sistema son para alimento y medicina de subsistencia, madera, leña y miel de abeja.

7.5 En las propuestas de mejora de los sistemas agroforestales, en la parte alta de la cuenca del río Los Esclavos se consideró un buen manejo del sistema café con sombra de árboles diversos, con diversificación de cultivos, buscar una certificación de café orgánico e inmersión de maderas preciosas con incentivos forestales (PINFOR-INAB), ésta última se cumple para sistemas silvopastoriles con su bosque disperso de coníferas, así el sistema de siembra de árboles en línea y huertos familiares más una asistencia técnica y comercial para garantizar productos y servicios aprovechables en la subsistencia y sostenibilidad de estos sistemas.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Efectuar un estudio complementario para caracterizar los sistemas agroforestales de la parte baja de la cuenca del río Los Esclavos de Guatemala.
- 8.2 Capacitar a líderes, maestros y extensionistas agrícolas en temas de manejo de los sistemas agroforestales, importancia, rentabilidad integral, tecnología actualizada u otro que requieran las comunidades para mantener y mejorar los sistemas agroforestales en el área.
- 8.3 Planificar y diseñar parcelas demostrativas de sistemas agroforestales en áreas municipales y privadas con dirección técnica a través de instituciones responsables (INAB, FAUSAC y otros).
- 8.4 Delimitar parcelas de observación de sistemas agroforestales eficientes, a través de programas y planes con incentivos a los propietarios de las áreas identificadas en la zona de estudiada.
- 8.5 Mejorar la producción animal dentro de los sistemas silvopastoriles, haciendo uso de especies mejoradas y adaptadas de pastos, mejoramiento de cercos vivos, selección de razas e incorporación de especies arbóreas de alto valor económico.
- 8.6 Incentivar a grupos de agricultores del lugar a través de: organizaciones que trabajen en conjunto en la búsqueda de apoyo de instituciones no gubernamentales, para fortalecer permanentemente la asistencia y capacitación técnica que conlleve a la utilización de la información a la fecha generada.
- 8.7 Implementar y desarrollar los sistemas agroforestales, en la medida de lo alcanzable los sistemas orgánicos de producción (café con sombra de árboles, huertos familiares), en el cual se busque la explotación sostenible y racional de productos agrícolas como por ejemplo: hortalizas, frutales, plantas medicinales o especias; las cuales poseen cierto potencial productivo en la región.

8.8 Valorar el sistema agroforestal de café en cuanto a su capacidad de fijación de dióxido de carbono y la producción de oxígeno limpio mediante una estrategia institucional entre la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) e Instituto Nacional de Bosques (INAB).

9. BIBLIOGRAFIA

1. ALVARADO, G.F. 1979. Reconocimiento para el uso, manejo y conservación de la Cuenca Superior del Río Los Esclavos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 34 p.
2. BUDOWSKI, G. 1981. Aplicabilidad de los sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 8 p.
3. COMBE, J.; BUDOWSKI, G. 1979. Clasificación de las técnicas agroforestales; Costa Rica. Taller de sistemas agroforestales en América Latina. 226 p.
4. CRUZ, J.R. De La. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala. Guatemala. Instituto Nacional Forestal. 22 p.
5. FERNANDEZ MONTOYA, M.V. 1992. Estudio preliminar de la interacción de los sistemas agrosilvopastoriles en cinco aldeas del bosque seco de Jutiapa, Guatemala. Tikalia (Gua) 10(1): 37-52.
6. DETLEFSEN, G.; LEIVA P., J.M.; MARTINEZ H., H.A. 1984. Comportamiento inicial de tres especies forestales para producción de leña con y sin asocio de maíz (*Z. mays* L.) en La maquina, Suchitepéquez, Guatemala. Tikalia (Gua) 3(1):113-128.
7. GUATEMALA. Instituto Geográfico Nacional. 1972. Atlas Nacional de Guatemala. Guatemala 52 p.
8. _____. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. 1997. Tarjetas de Registros climatológicos, estación Los Esclavos, Cuilapa Santa Rosa.
9. HERNANDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, P. 1999. Metodología de la investigación, México, Editorial Esfuerzo, p. 226-227.
10. HERRERA, R.I. 1997. Estudio morfométrico de la Cuenca del Río Los Esclavos. Guatemala. 22 p.

11. HUXLEY, P.A. 1983. Comments on agroforestry classification with special reference to plan aspects. In: research and agroforestry. Nairobi: ICRAF. 171 p.
12. HUXLEY, P.A. et al. 1984. Methodology for the exploration and assessment of multipurpose trees. Glossary of terms used in agroforestry.
13. LUNDGREN, B. 1987. ICRAF's first ten years. Agroforestry systems 217 p.
14. LEIVA, J. M. 1981. Descripción de algunos sistemas agroforestales practicados en Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE, s.p.
15. MARTINEZ, H. 1983. Los sistemas agroforestales. Guatemala, INAFOR.
16. NAIR, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. Agroforestry systems. 128 p.
17. SIMMONS, Ch.; TARANO y PINTO, J. H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
18. TALLER SOBRE SISTEMAS AGROFORESTALES EN AMÉRICA LATINA. Turrialba, Costa Rica, marzo 06-30 de 1979. Actas. Turrialba, Costa Rica, UNU-CATIE. 226 p.
19. TORQUEBIAU, E. 1990. Conceptos de agroforestería: una introducción, México, Universidad Autónoma Chapingo. 77 p.
20. VELIZ PÉREZ, M.E. 1994. Caracterización de la comunidad de canac (*Chiranthodendron pentadactylon* L.) en el volcán de Acatenango, Guatemala. Tikalia 12(2): 5-34.
21. VONCARLOWITZ, P.G. 1986. Multipurpose tree yield data their relevance to agroforestry research and development and the current state of knowledge. Agroforestry systems, 314 p.
22. YOUNG, A. 1989. Agroforestry for soil conservation. Science and practice of agroforestry. 276 p.

