

**Evaluación del componente arbóreo en un  
sistema agroforestal tradicional en Las  
Minas, El Paraíso, Honduras**

**Cesar Alejandro Diaz Noroña  
Miriam Gisella Molina Mendez**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

# **Evaluación del componente arbóreo en un sistema agroforestal tradicional en Las Minas, El Paraíso, Honduras**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Cesar Alejandro Diaz Noroña**  
**Miriam Gisella Molina Mendez**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2011

# **Evaluación del componente arbóreo en un sistema agroforestal tradicional en Las Minas, El Paraíso, Honduras**

Presentado por:

Cesar Alejandro Diaz Noroña  
Miriam Gisella Molina Mendez

Aprobado:

---

Nelson Agudelo, M.Sc.  
Asesor principal

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Director  
Carrera de Desarrollo Socioeconómico  
y Ambiente

---

Wilmer Figueroa, Ing.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Diaz, C; Molina, M. 2011. Evaluación del componente arbóreo en un sistema agroforestal tradicional en Las Minas, El Paraíso, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 24 p.

Con propósitos de conocer la dinámica de los sistemas agroforestales altamente tradicionales y tomarla como base para hacer estos sistemas más rentables y sostenibles, se procedió a evaluar un sistema combinado de café con árboles nativos en la comunidad de Las Minas, departamento de El Paraíso. El sitio de estudio está ubicado en la porción media del Macizo Montañoso Apagüiz- Apapuerta, a 1,100 m de altitud, en la zona de vida bosque muy húmedo subtropical. El presente trabajo se enfocó en el componente arbóreo y para su caracterización se utilizó un sistema de muestro estratificado con parcelas concéntricas equidistantes. En la parcela de mayor tamaño, con radio de 30 m, se evaluó el conjunto de árboles con dap  $\geq$  a 10 cm. Se encontraron 48 especies y un promedio de 97 árboles/ha en los que se destacó la presencia de un alto porcentaje de *Inga* spp. que constituyen el 55 % del total. Cabe destacar que el sistema tiene un índice de mezcla de 1/5, cada cinco árboles se encuentra una especie nueva. Debido a la gran cantidad de árboles/ha el cultivo asociado de café se encuentra bajo excesiva sombra. El área basal de las especies de alto valor económico fue de 33 m<sup>2</sup>/ha, y se destacan 12 árboles con dap significativamente grandes que cubren el 66 % del total. Dadas las condiciones de clima, suelo y pendiente de este ecosistema es recomendada la sustitución de especies fijadoras de nitrógeno por maderas nobles.

**Palabras clave:** Área basal, área basimétrica, componente arbóreo, dap, especies de alto valor económico.

**CONTENIDO**

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4 CONCLUSIONES .....</b>	<b>13</b>
<b>5 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>14</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>15</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>17</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Distribución de especies por familia y su clasificación en función de la calidad de madera en el sistema agroforestal de Las Minas. ....	10
Figuras	Página
1. Ubicación geográfica de la zona de estudio. ....	5
2. Distribución de parcelas de muestreo por estratos. ....	7
Anexos	Página
1. Distribución del número de especies por parcela de muestreo. ....	17
2. Distribución del número de árboles por parcela de muestreo. ....	18
3. Distribución de número de Ingas spp. por parcela de muestreo. ....	19
4. Distribución del diámetro promedio de copa por parcela de muestreo. ....	20
5. Distribución de la pendiente por parcela de muestreo. ....	21
6. Distribución del número de árboles, área basimétrica promedio y área basal para el componente arbóreo del SAF de Las Minas. ....	22
7. Variables dasométricas de árboles de alto valor económico. ....	23
8. Especies de alto valor económico recomendadas para el SAF de Las Minas. ....	24

## 1. INTRODUCCIÓN

La superficie de bosques latifoliados en el mundo se encuentra en disminución debido principalmente a las altas tasas de deforestación. Los bosques latifoliados maduros de tierras medias (entre los 800 – 1,500 m, aproximadamente) prácticamente han desaparecido ante la fuerte presión sobre las maderas (Dent 2003). En la actualidad existen alrededor de 3,454 millones de ha de bosques naturales (FAO 1999), conformados en un 60 % por bosques latifoliados, localizados en regiones tropicales y subtropicales de Sudamérica, África y el Sur de Asia (Knoblauch 2001).

Los bosques latifoliados que cubren más de dos millones de ha, constituyen un enorme potencial para el desarrollo social y económico de Honduras (Dent 2003). Estos bosques cubren al 49 % del territorio nacional y están localizados principalmente en las zonas oriental (69 %) y Atlántica (16 %). Los mismos están conformados por vegetación de hoja ancha de climas húmedos y muy húmedos localizados en tierras relativamente bajas; poseen más de 400 especies, de las cuales solamente 25 son aprovechadas comercialmente (FAO 2009).

Según el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, en la actualidad los bosques productores de maderas de alto valor económico se localizan en ecosistemas en donde la relación de evapotranspiración potencial (humedad del suelo) es menor a uno. A escala mundial dos regiones latitudinales, la tropical y subtropical y dos pisos térmicos, basal tropical y pre montano, abastecen la demanda de maderas nobles para los mercados internacionales de calidad. A nivel de estas dos regiones de baja latitud, los ecosistemas productores de maderas de alto valor económico son: bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical, bosque pluvial tropical, bosque húmedo premontano tropical, bosque muy húmedo premontano tropical y bosque muy húmedo subtropical. En términos generales, estos ecosistemas se localizan entre el nivel del mar y los 2,000 m de elevación, con precipitaciones que oscilan entre los 2,000 mm y más de 8,000 mm.

Aunque la superficie cubierta por bosques naturales en estos ecosistemas es considerablemente elevada, las actuales operaciones de explotación y transformación de los productos primarios son altamente destructoras, dispendiosas, primitivas y deficientes. Como resultado de estas actividades los bosques residuales, si es que quedan en pie, experimentan una fuerte erosión genética a nivel de especies y una degradación económica de su capital vuelo. Con estos antecedentes se estima que sólo el 4 % de los bosques latifoliados sometidos a extracción maderera son manejados en forma sostenible. Por otra parte, se reconoce hoy día que más de 90 % de la madera que se extrae de los bosques naturales procede de bosques no manejados en forma sostenible y de áreas protegidas.

A la luz de la situación actual los bosques naturales maduros podrían estar sujetos a tres opciones: ser protegidos a perpetuidad mediante sistemas nacionales de áreas protegidas, ser manejados en forma sostenible a continuar siendo sometidos a los actuales esquemas de explotación forestal. Además de estas opciones, sugiere que a futuro, las maderas deberían proceder de bosques secundarios manejados en forma sostenible y de plantaciones forestales (Wadsworth 2000).

Con algunas excepciones, los bosques latifoliados maduros de tierras bajas, de zonas húmedas y muy húmedas, de los trópicos y subtropicos del mundo contienen un fuerte grado de mezcla, con un promedio de 100 especies/ha y un máximo de 300 especies /ha en la Reserva Yanamono de la región amazónica de Perú, para el conjunto de árboles con  $dap \geq 10$  cm (Gentry 1988). En términos silvícolas y de manejo, manipular estas masas tan complejas es extremadamente complicado a la luz de los conocimientos actuales. Como punto de partida para un manejo sostenible se debería investigar la composición florística y la estructura de las masas forestales.

Los estudios florístico-estructurales permiten la clasificación de las especies forestales en gremios ecológicos. Un gremio ecológico es un conjunto de especies que utiliza más o menos de la misma manera los mismos recursos del medio (Finegan 1993). En la actualidad hay un desconocimiento casi total de la clasificación de las especies forestales en gremios ecológicos. Esto es particularmente crítico para aquellos bosques maduros que están sometidos o serán sometidos a explotación maderera. Lo poco que se conoce para los bosques latifoliados maduros de tierras bajas, de zonas húmedas y muy húmedas, de la América tropical y subtropical es que aproximadamente las dos terceras partes de las especies, es decir 66 %, son especies de luz o pertenecen al gremio heliófito durable. Por razones estrictamente silvícolas, las especies pertenecientes a este gremio no pueden ser manejadas y utilizar como criterio técnico el diámetro mínimo de cortabilidad o DMC porque conduce a la extinción de las especies. Las especies de este gremio ecológico son de vida relativamente larga (hasta de 800 o más años), producen maderas de alta calidad y tienen semillas de baja latencia o dormancia bajo condiciones naturales.

Con base en esta problemática, el empleo de especies procedentes de los bosques naturales constituye una actividad que apenas comienza a vislumbrarse. Los sistemas agroforestales que asocian cultivos con árboles utilizan forzosamente un componente arbóreo tolerante de luz. En este sentido, los gremios ecológicos deberían ser el punto de partida para el mejoramiento de sistemas agroforestales o para el diseño de nuevos sistemas. Los sistemas agroforestales tradicionales de café o cacao principalmente, utilizan como sombra árboles remanentes del bosque natural. Mediante una apertura gradual del dosel se dejan como sombra los individuos dominantes y codominantes. Por tanto, el campesino selecciona como componente arbóreo del cultivo asociado especies heliófitas durables o esciófitas parciales.

Los bosques naturales de la región deben entenderse como sistemas complejos y no como un simple conjunto de árboles. Ellos juegan un papel importante y, en algunos países, una función socioeconómica clave, pues no sólo albergan la biodiversidad, sino que también suministran insumos a la industria maderera, tanto para el consumo doméstico como para la exportación y constituyen una importante fuente de divisas (Ciprian y Tercero 2008).

Los sistemas agroforestales (SAF) se definen como una serie de técnicas del uso de la tierra en las que se combinan especies leñosas con cultivos agrícolas o pastos, en función del tiempo y el espacio para incrementar y optimizar la producción en forma sostenida (Iglesias 1999). Esta práctica ha cobrado impulso desde que a mediados de los años sesenta se comenzó a percibir el problema ambiental ocasionado por la intensificación agrícola dirigida al monocultivo. Posteriormente, la crisis financiera de la agricultura tradicional añadió a las causas ambientales nuevos argumentos a favor de los sistemas de uso múltiple (Campos 1994).

Los SAF son una herramienta primordial que permiten actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, con recursos naturales degradados, mediante una gestión económica eficiente. Esta gestión altera muy poco la estabilidad ecológica, lo cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los sistemas de producción y, como consecuencia, mejorar el nivel de vida de la población rural (MARN 2009). Dados los beneficios intrínsecos que las prácticas agroforestales tienen tanto para el productor, su parcela como unidad productiva y el ambiente en general, la agroforestería es aceptada por la comunidad agrícola como un conjunto de técnicas mejoradas (MARN 2009).

Los SAF poseen ventajas sobre los monocultivos para responder a las demandas de la agricultura y a la vez provee servicios medioambientales, valores estéticos, amortiguamiento de áreas protegidas y podría utilizarse para el turismo agroecológico. Estos sistemas favorecen tanto la productividad, la diversificación de la producción y la sostenibilidad del cultivo, como el mejoramiento del suelo y otros beneficios ambientales. Los hábitats que ofrecen los bosques originales no pueden ser reemplazados; sin embargo, los SAF desempeñan un papel prioritario para la conservación de especies provenientes de aéreas deforestadas y fragmentadas (Beer *et al.* 2003).

Los SAF altamente productivos, incluidos los sistemas silvopastoriles, pueden tener una importante función en la retención de carbono en los suelos y en la biomasa de los árboles (en superficie y subterránea) (FAO 2003). Sin embargo, la cantidad de carbono fijado depende de las especies y densidades de los árboles en el sistema y la cantidad y tolerancia de sombra de los cultivos (Beer *et al.* 2003).

Muchos agricultores han manifestado su deseo de ver árboles agroforestales valiosos en sus terrenos pero no tienen acceso a germoplasma de alta calidad. Esto sucede por varias razones: la extracción selectiva de árboles maderables sin dejar árboles semilleros de alta calidad para regenerar los rodales; deforestación por la práctica de agricultura tradicional de corte y quema; la distribución natural de la especie y variación genética entre procedencias de la especie (Sotelo *et al.* 2000).

La poca disponibilidad de germoplasma frecuentemente se cita como obstáculo para la adopción de SAF. Como primera prioridad, los programas de domesticación buscan resolver este problema a través de la identificación de fuentes interinas de germoplasma de calidad por lo menos adecuada. Estos programas contribuyen a evitar la erosión de la variación genética que es producto de la colecta de semilla de muy pocos individuos (Cornelius *et al.* 2004). La investigación genética conducida con árboles agroforestales en los trópicos ha sido poca. Los estudios con especies arbóreas en el trópico y regiones

templadas han demostrado que muchas especies poseen considerable variación genética dentro y entre procedencias. La presencia de variación genética es clave para el éxito de un programa de mejoramiento genético (Sotelo *et al.* 2000).

El SAF empleado en la comunidad de Las Minas es altamente tradicional porque a través de los años el bosque natural ha sido intervenido por medio de la eliminación del sotobosque. Esta acción tuvo como propósito generar un mayor ingreso de luz para establecer cultivos. La sombra producida por los árboles regula las funciones fisiológicas del cultivo y contribuye al control de malezas. Según entrevistas realizadas a los pobladores de la zona, este proceso de socoleo se inició hace aproximadamente 35 años para la introducción de actividades agrícolas en el área.

El área de estudio está ubicada en el Macizo Montañoso Apagüiz-Apahuerta a 1,100 msnm, con una precipitación aproximada de 1,800 – 2,200 mm. Parte de este macizo montañoso ha sido declarado zona productora de agua potable, por parte del Instituto de Conservación Forestal (ICF), para el casco urbano de la ciudad de Danlí y comunidades adyacentes. Ante la importancia hidrológica y de biodiversidad de este sistema montañoso, los SAF enclavados en las porciones más bajas del mismo, con adecuado manejo, se convierten en importantes instrumentos para detener el avance de la deforestación hacia las partes más altas de la montaña, consideradas como zonas de recarga hídrica.

Ante la ubicación estratégica de los SAF de las Minas en términos del manejo de recursos naturales y en virtud también de su importancia económica y social para los pobladores locales, el presente estudio pretendió alcanzar el entendimiento de la dinámica de SAF altamente tradicionales como punto de partida para transformarlos en sistemas más productivos y sostenibles. Para lograr este objetivo se evaluó el componente arbóreo en función de su contenido de especies, importancia actual y potencial de las mismas con base en la calidad de la madera, densidad de arboles y espaciamiento entre ellos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Macizo Montañoso Apagüiz-Apauptera, municipio de Danlí, departamento de El Paraíso. Este sistema montañoso está ubicado entre los 13°55'56'' y 14°03'00'' N y entre los 86°26'20'' y 86°34'30''W. Este sistema se extiende desde aproximadamente los 500 m de altitud, en el valle de Jamastrán, hasta los 1,500 m en su porción más elevada. La comunidad de Las Minas está enclavada a unos 1,100 m de elevación.

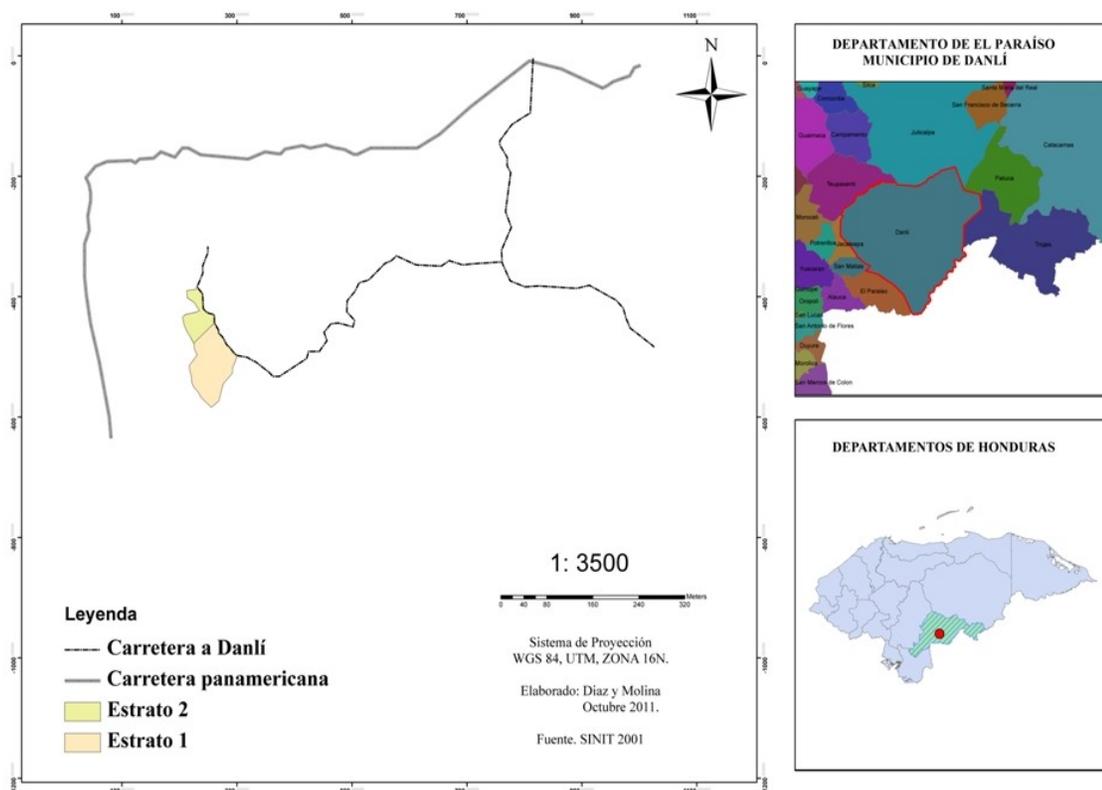


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

En las partes más bajas y secas de este macizo montañoso la temperatura media anual es de 24 °C y la biotemperatura media anual de 23.5 °C. En los picos más altos la temperatura media anual y la biotemperatura media anual varían entre 12 y 18 °C, aproximadamente. La precipitación promedio total anual en las porciones más bajas del macizo es de 985 mm y en las partes más altas es de unos 3,500 a 4,000 mm (Castillo 2006).

El sitio de estudio tiene una temperatura media anual de 21 °C y la biotemperatura media anual de 20.5 °C. La precipitación total anual varía entre 2,500 y 3,000 mm, con una temporada de sequía que abarca entre dos y tres meses. Con base en el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, el área corresponde al bosque muy húmedo subtropical.

Para llevar a cabo este estudio se utilizó el siguiente equipo y materiales:

- Brújula Suunto: instrumento óptico manual que se utiliza para la determinación de rumbos.
- Plancheta: instrumento de madera de 20×20 cm, con cuatro clavos en las esquinas completamente verticales y que sirve de soporte a la brújula en la marcación de rumbos y distancias.
- Clinómetro: instrumento óptico que se utiliza para medir pendientes de terrenos y alturas de árboles empleando funciones trigonométricas.
- Altimetro: instrumento que funciona a base de presión atmosférica y se emplea para estimar las elevaciones sobre el nivel del mar.
- Forcípula: es un vernier grande que consta de un brazo fijo y otro móvil, calibrado en cm o en pulg y se usa para medir diámetros de árboles o de troncos.
- Cinta métrica: instrumento graduado en centímetros y metros, utilizado para la medición de distancias horizontales.
- GPS: aparato óptico calibrado para medir alturas sobre el nivel del mar, distancias horizontales y para georreferenciar puntos sobre la superficie terrestre por medio de imágenes satelitales.
- Equipo escalador: aparato consistente de espolones que se ajustan a las piernas del escalador, cinturones de seguridad, lazos de seguridad y de ascenso y descenso del escalador. Se usa para el escalamiento de árboles y troncos.
- Tijeras recolectoras de muestras botánicas: instrumento manual que consiste de una podadora y tubos expandibles construidos a base de aluminio. Se emplea para la recolección de muestras botánicas.
- Prensas: aparato de madera que se emplea para el prensado de las muestras botánicas tanto a nivel de campo como de herbario (secado).
- Hornos: aparato manual hecho a base de madera con bombillos amarillos, empleado para el secado de muestras botánicas.

Para fines del presente estudio la metodología constó de dos fases: metodología de levantamiento y metodología de evaluación. Para la evaluación del componente arbóreo y del cultivo del SAF, se aplicó la misma metodología de levantamiento, cuyas etapas se citan a continuación:

- Levantamiento de un mapa planimétrico, por medio de GPS de una porción de terreno representativa del SAF a evaluar.
- División de la superficie de terreno en dos porciones o estratos con base en el grado de intervención del componente arbóreo. El lote o estrato uno, con un área de 58.7 ha,

estaba aparentemente dominado por especies del género *Inga*. El estrato dos, con una superficie de 28.8 ha, contenía una mayor diversidad de especies e individuos más altos y gruesos.

- Levantamiento de un premuestreo con fundamento en la estratificación precedente y en parcelas circulares concéntricas de 30 m de radio para árboles y 10 m de radio para café.
- Selección un muestreo al azar estratificado para cada estrato se determinó los límites y su superficie. Se estimó una intensidad de muestreo de 8 % para cada estrato y se seleccionaron al azar y sin reemplazo 21 sitios o muestras en el estrato uno y siete en el estrato dos. Sobre cada estrato se levantó una cuadrícula a equidistancia, de 200×200 m en el estrato 1 y de 165×165 m en el estrato dos (Figura 2). Tales cuadrículas también se levantaron a nivel de terreno, con base en el norte magnético. En cada punto de muestreo se instaló una parcela circular concéntrica de 30 m de radio en donde se evaluó el componente arbóreo (2,827.4 m<sup>2</sup>) y 10 m de radio en donde se evaluó el cultivo asociado (314.2 m<sup>2</sup>).

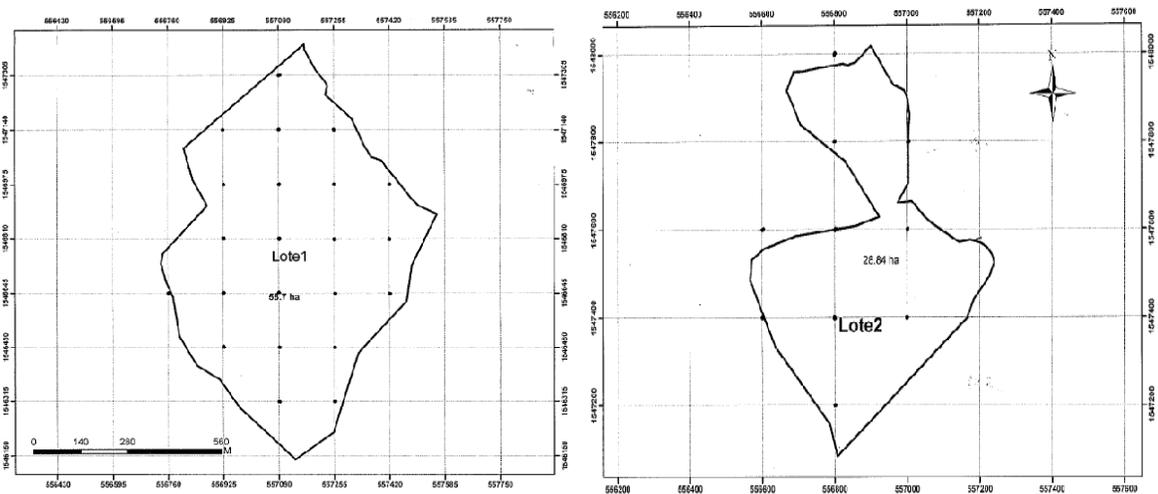


Figura 2. Distribución de parcelas de muestreo por estratos.

- Medición de las variables dasométricas en el conjunto de árboles con diámetro a la altura del pecho (dap)  $\geq 10$  cm. A todos los árboles de la muestra se les identificó la especie y se les midió la distancia entre ellos. Algunas de las especies fueron identificadas directamente en el terreno por el profesor Nelson Agudelo. De las especies identificadas parcialmente (familia o género) y de aquellas que eran desconocidas en su totalidad se recolectó muestras botánicas, completas o estériles. Los especímenes fueron montados en papel periódico y posteriormente secados en el herbario de Zamorano. La identificación de estas muestras estuvo a cargo del Ingeniero José Linares. A los individuos pertenecientes a especies de valor económico internacional o local, se les midió el dap, la altura total y la altura comercial.

En relación a la metodología de evaluación, el componente arbóreo se evaluó en función de las variables que se citan a continuación:

- Composición florística, se refiere al contenido de especies por ha. El cociente o grado de mezcla se calculó con base en el siguiente modelo matemático:

$$Cm^{“a”} = \frac{n \text{ esp. “a”}}{n \text{ ind. “a”}} \quad [1]$$

Donde:

$Cm^{“a”}$  = cociente de mezcla en el área de tamaño “a”  
 $n \text{ esp. “a”}$  = número de especies en el área de tamaño “a”  
 $n \text{ ind. “a”}$  = número de individuos en el área de tamaño “a”

- Número de árboles por parcela que se obtuvo mediante conteo directo en el terreno. Luego se determinó el número promedio de árboles por parcela. Este promedio se extrapoló a la hectárea por medio de una regla de tres simple, estimándose el N.
- Área basimétrica (g) que es el área de la sección transversal del tronco de un árbol a la altura del pecho o dap y se expresa en  $m^2/\text{árbol}$ . El g se determinó sólo en las especies de alto valor económico, con base en la fórmula del círculo, cuyo modelo es:

Sustituyendo A por g y d por dap, se obtuvo:

$$g = 0.7854 (\text{dap})^2 \quad [2]$$

En cada parcela se calculó el g para cada individuo y los valores para todos los árboles se sumaron para determinar el g de la parcela. Posteriormente se obtuvo una cifra promedio de g. Con fundamento en esta cifra y en el tamaño de la parcela se estimó el área basal (G) por medio de una regla de tres.

- Diámetro de copa promedio en cada parcela, con base en estos promedios se estimó el diámetro promedio de copa para todas las parcelas y para la hectárea.
- Pendiente promedio del terreno, se calculó con base en los datos de campo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con excepción de las guabas (*Inga* spp.) que estaban ligeramente concentradas en el estrato uno, las demás especies arbóreas del sistema agroforestal que se evaluó se encontraban distribuidas de una manera relativamente uniforme a lo largo y ancho del mismo. Por esta razón, los resultados relativos al componente arbóreo se presentan globalizados, es decir, sin estratificación.

**Riqueza y diversidad florística.** En el sistema agroforestal de Las Minas se encontraron 49 especies con  $\text{dap} \geq 10$  cm, distribuidas en 24 familias y 39 especies (Cuadro 1). En este sistema se tuvo un promedio de 18 especies/ha (Anexo 1)

En dos levantamientos florísticos-estructurales llevados a cabo en 2005 y 2007, en porciones de bosque maduro de este macizo montañoso, se cuantificaron 35 y 38 especies, respectivamente, para el conjunto de árboles con  $\text{dap} \geq 5$  cm. En términos de composición florística, en el SAF de Las Minas se encuentran, a la fecha, aproximadamente el 50 % de las especies que conformaban la comunidad vegetal madura original.

Aunque el SAF de Las Minas contiene todavía especies remanentes del bosque maduro, con individuos de gran tamaño y algunos de ellos maduros o seniles, el ingreso de luz provocado por la apertura gradual del dosel indujo la proliferación de especies nómadas de rápido crecimiento. Este proceso de domesticación del bosque con propósitos agroforestales se inició en 1976 aproximadamente. En tan sólo 35 años de ejecutar este proceso, los componentes de este sistema original tuvieron que ceder al paso a especies nómadas y frutales. A la fecha, 18 de las 49 especies son nómadas o frutales (37 % del componente arbóreo) y 15 de las 24 familias (63 %) tienen representantes en este gremio ecológico.

Desde el punto de vista ecológico, la gran diversidad de especies que caracteriza a este sistema constituye una enorme ventaja en términos del control de plagas y enfermedades, tanto para el componente arbóreo como para el cultivo asociado. Sin embargo, se considera una desventaja económica por la pérdida de especies productoras de maderas nobles o de alto valor económico.

Sólo nueve especies fueron categorizadas como productoras de madera de valor comercial (18 % de la masa arbórea) y dentro de ellas únicamente cinco especies (10 % del componente arbóreo), fueron reconocidas como productoras de madera de alto prestigio a nivel internacional: *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *C. fissilis*, *Guarea grandifolia* y *Terminalia amazonia*, cuatro de ellas pertenecientes a la familia Meliaceae.

Cuadro 1. Distribución de especies por familia y su clasificación en función de la calidad de madera en el sistema agroforestal de Las Minas.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Clasificación por calidad de madera		
			Alto valor	Valor local	Sin valor
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango		X	
	<i>Mauria sessiliflora</i>	Jocomico	X		
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	Matasaniño, cuajada			X
Asteraceae	<i>Eupatorium</i> sp.	Lengua de vaca			X
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Macuelizo	X		
Bombacaceae	<i>Quararibea funebris</i>	Cocomamá			X
Boraginaceae	<i>Cordia collococca</i>	Pichingo		X	
	<i>Ehretia latifolia</i>	Chaparro		X	
Cecropiaceae	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo			X
Combretaceae	<i>Terminalia oblonga</i>	Guayabillo		X	
	<i>Terminalia amazonia</i>	Cumbillo	X		
Euphorbiaceae	<i>Croton payaquensis</i>	Sangre Drago			X
	<i>Sapium macrocarpum</i>	Lechón		X	
Fabaceae	<i>Diphysa robinoides</i>	Guachipilín		X	
Fagaceae	<i>Quercus bumelioides</i>	Roble Encino		X	
	<i>Quercus cortesii</i>	Roble Macho		X	
Flacourtiaceae	<i>Casearia</i> sp.	Esquía		X	
	<i>Hasseltia floribunda</i>	San Juan		X	
Lauraceae	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Aguacatillo		X	
	<i>Licaria coriacea</i>	Montero de mico		X	
	<i>Persea Americana</i>	Aguacate		X	
	<i>Persea americana</i> var. <i>nubigena</i>	Aguacate de mico		X	
	<i>Persea caerulea</i>	Aguacate de cerro	X		
	<i>Persea</i> sp.	Aguacate Rojo		X	
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	X		
	<i>Cedrela phissilis</i>	Cedro mechudo	X		
	<i>Guarea grandifolia</i>	Caobina, marapolán	X		
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	X		
Mimosaceae	<i>Inga laurina</i>	Guaba			X
	<i>Inga jinicuil</i>	Paterna			X
	<i>Inga oerstediana</i>	Chaperna			X
	<i>Lysiloma acapulcense</i>	Quebracho de playa		X	
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Masica		X	
	<i>Ficus insipida</i>	Higo			X
	<i>Ficus morazanica</i>	Higuero			X
	<i>Ficus</i> sp.	Matapalo			X
	<i>Trophis Mexicana</i>	Masiquilla			X
Musaceae	<i>Musa</i> sp.	Mínimo			X
Myrsinaceae	<i>Ardisia</i> sp.	Uva			X
Rubiaceae	<i>Genipa Americana</i>	Damajagua		X	
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i>	Matasano			X
	<i>Zanthoxylum culantrillo</i>	Cedro Espino		X	
Sapindaceae	<i>Cupania dentata</i>	Cola de pava		X	
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Nispero		X	
	<i>Pouteria sapota</i>	Zapote		X	
	<i>Sideroxylon capiri</i>	Tempisque	X		
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp.	Friegaplatos			X
Ulmaceae	<i>Mirandaceltis monoica</i>	Fierrillo		X	
	<i>Ulmus Mexicana</i>	Cuero de toro		X	

Además de la clasificación de las especies desde el punto de vista maderero, se encontraron tres especies fijadoras de nitrógeno: *Inga jinicuil*, *I. oerstediana* e *I. laurina*, cuya distribución por parcela de muestreo se ilustra en el Cuadro 4.

Cabe señalar que de *S. macrophylla* y *C. odorata* se encontraron muy pocos individuos en estado juvenil, posiblemente plantados recientemente. Se supo por entrevistas que estas dos especies fueron componentes del bosque maduro en esta localidad. De *C. fissilis* y *G. grandiflora* sólo se obtuvieron dos individuos en toda el área de estudio en estado maduro, uno para cada especie.

El SAF de Las Minas tiene condiciones favorables de elevación, clima y suelos que lo caracterizan y son complementadas con una reducida presencia de especies productoras de madera de amplia aceptación en los mercados internacionales de calidad. Esto lo convierte en un sitio de especial interés para el desarrollo de modelos agroforestales altamente rentables y sostenibles.

Aunque la complejidad florística o grado de mezcla normalmente se evalúa para la fase estable de bosques maduros, se consideró oportuno conocer este indicador para este SAF en virtud de la elevada diversidad florística. El cociente de mezcla para el componente arbóreo de este sistema fue de 1/5, índice que indica que en promedio por cada cinco árboles debe aparecer una especie nueva. Coeficientes de esta magnitud denotan la presencia de bosques maduros con alto grado de complejidad, como los que se encuentran en algunos bosques de tierras bajas, húmedas y muy húmedas de la región tropical y subtropical de América. A futuro, este grado de mezcla podría manipularse sustituyendo el amplio espectro de especies sin valor económico y su número de individuos en beneficio de especies de alto valor económico.

**Número de árboles, área basal y cobertura de copa.** En el área de estudio se encontraron 97 árboles/ha (Anexo 2). Esta densidad de individuos parece ser considerablemente alta como sombra protectora para el cultivo asociado. Se reconoce hoy día que el café plantado bajo cobertura de árboles puede soportar hasta un 30 ó máximo un 35 % de sombra, dependiendo de las condiciones ambientales del sitio de plantación (temperatura, frecuencia y duración de la nubosidad, humedad relativa, precipitación y su distribución a lo largo del año, entre otros aspectos).

La apertura gradual del dosel en este sistema agroforestal condujo, en primer término, a la extracción casi total de los árboles pertenecientes a las especies valiosas. En segundo lugar, el ingreso de luz al piso forestal no sólo benefició al cultivo de café sino que también indujo la explosión de poblaciones de plantas nómadas y de hábito gregario, altamente exigentes de luz, como *Inga* spp. y otras especies.

Una visión panorámica general de este sistema agroforestal, sin necesidad de levantamientos terrestres, permitió apreciar, por lo menos en determinadas zonas, el marcado dominio de las especies nómadas. El muestreo a nivel de campo reflejó este dominio, ya que de los 97 árboles/ha que se encontraron en el estudio 53 (55 %) pertenecieron a tres especies de *Inga* (Anexo 3). Aunque estas especies no producen madera de alta calidad, su función principal en el sistema es la fijación de nitrógeno atmosférico. Se reporta que *Inga jinijuil* asociada con café puede incorporar al suelo hasta 40 kg/ha/año. La cantidad de nitrógeno fijado por esta especie es suficiente para suplir la demanda de este elemento durante una cosecha de café. Además de su impacto ecológico, las *Inga* spp. producen madera de alto poder calórico para uso en comunidades rurales

Para las especies de alto valor económico el área basal (G) fue del orden de 32.95 m<sup>2</sup>/ha, para el conjunto de árboles con dap  $\geq$  10 cm (Anexo 6). Esta cifra se encuentra por encima de un estudio realizado en 2007 en otra porción del Macizo Montañoso Apagüiz-Apahuerta cuya área basal fue de 21.48 m<sup>2</sup>/ha (Fraatz y Montúfar 2007). Esta diferencia puede ser causada debido a que la existencia de árboles jóvenes de alto valor económico en el sistema es mínima.

Cabe recalcar que de los 33 m<sup>2</sup>/ha de área basal resultante, 66 % se encuentra concentrado en 12 árboles situados en 5 parcelas de muestreo (Anexo 6). Estos árboles alcanzaron diámetros de hasta 165 cm y pertenecen a las siguientes especies: *Sideroxylon capiri*, *Cedrela* spp., *Mauria sessiliflora*, *Cordia collococca*., *Mirandaceltis monoica*, *Terminalia oblonga*, *Persea* spp. y *Ulmus mexicana*. El árbol más grueso que se midió pertenece a la especie *Syderoxylon capiri*.

El área de estudio presentó un rango de pendiente entre 5-40 % con un promedio de 24 %. A pesar de que la pendiente promedio es relativamente alta, los suelos no mostraron síntomas de erosión fuerte, por lo menos en el área bajo sistema agroforestal. En sitios abiertos, como carreteras y áreas recién perturbadas, los daños por erosión hídrica llegaron en algunos casos a nivel de pequeñas cárcavas. En el sistema asociado de café con árboles la presencia de una cubierta multiestratificada y un elevado contenido de hojarasca fueron factores determinantes para que el golpeteo de las gotas de lluvia sobre el suelo fuese mínimo.

Los levantamientos de campo permitieron observar que algunas especies de valor económico parece que tienen algún grado de preferencia por determinadas condiciones topográficas. Por ejemplo, *Terminalia oblonga* y *Terminalia amazonia* sólo se encontraron en terrenos planos o con topografía ondulada. Otras especies de valor como *Cedrela fissilis*, *Guarea grandifolia* y las dos especies de *Quercus* únicamente estuvieron en terrenos con fuerte pendiente.

La cobertura de copas en el sistema, en función del diámetro de copa, tuvo un valor mínimo de 6 m y un máximo de 20 m con un promedio de 11 m. El valor de esta variable complementado con el número de árboles/ha determina que el cultivo soporta actualmente un alto grado de sombra.

**Variables dasométricas de especies de alto valor económico.** Algunos remanentes del bosque maduro, productores de madera de buen valor económico, alcanzaron dap superiores a un metro y alturas totales de más de 40 m. El árbol más alto y grueso que se midió correspondió a un tempisque – *Sideroxylon capiri*, con 165 cm de dap y 48 m de altura. Por lo general, los árboles residuales son altos, algunos de ellos con fuste limpio, situación favorable para la producción maderera. Especies como *Mauria sessiliflora*, *Cinnamomum triplinerve*, *Manilkara zapota*, *Swietenia macrophylla*, *Terminalia oblonga*, *Guarea grandifolia* y *Cedrela fissilis* tuvieron alturas comerciales superiores a los 17 m (Anexo 7). El grosor y altura comercial de algunos individuos pertenecientes a estas especies podrían producir más de 2 m<sup>3</sup> de madera aserrada, equivalentes a más de 500 pies tablares.

## 4. CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista ecológico, la zona estudiada es considerablemente rica en biodiversidad de árboles. Cuenta con una gran variedad de especies arbóreas divididas en tres estratos, se destacan los árboles maderables en estado maduro, árboles juveniles que han sido introducidos con la finalidad de brindar sombra al cultivo, y el tercer estrato conformado por la plantación de café. Estas características han propiciado bajos niveles de erosión en el suelo disminuyendo el impacto de la lluvia por medio del dosel de los árboles y la hojarasca. También se genera un enriquecimiento de los suelos por la materia orgánica que es abonada favoreciendo a su vez, el ciclo de nutrimentos.
- Las características del sistema al presentar una cantidad excesiva de árboles del género *Inga* sp favorecen la fijación nitrógeno al suelo beneficiando al cultivo asociado. Sin embargo, esta captación de nitrógeno no sustituye la necesidad de fertilizante requerido por la planta, sino que la complementa. La presencia de pocos individuos de especies maderables de alto valor económico internacional y la excesiva sombra al cultivo, son determinantes para que este sistema no sea tan rentable y sostenible.

## 5. RECOMENDACIONES

- Para lograr un balance indicado entre las especies de valor económico y las especies fijadoras de nitrógeno y dado el alto porcentaje de sombra, se recomienda realizar un proceso de raleo del componente arbóreo que permita la maximización de los rendimientos sin afectar al cultivo asociado. También es recomendable que este raleo se dé enfocado a la alta cantidad de *Inga* sp., para mantener la fijación de nitrógeno y conservar las especies de valor económico.
- Se recomienda realizar un plan de sustitución de especies en las que se modifique la proporción de *Ingas* sp., sobre especies maderables en el sistema, aumentando y diversificando la producción de maderas nobles. Según las condiciones climáticas de las zonas se recomienda utilizar las especies listadas en el Anexo 8.

## 6. LITERATURA CITADA

Beer J., Harvey C., Ibrahim M., Harmand J., Somarriba E., Jiménez F. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10:37-38.

Castillo, Julieta. 2006. Levantamiento del mapa de ecosistemas del Macizo Montañoso Apagüiz-Apahuerta. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras, 50 p.

Campos P. 1994. El valor de económico total de los sistemas agroforestales (diapositivas). Bruselas, Bélgica. 47 diapositivas.

Ciprian E. y Tercero F. 2008. Propuesta de mejoramiento del componente arbóreo de un sistema agroforestal tradicional de café con árboles en la finca Santa Emilia, Danlí, El Paraíso, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras. 56 p.

Congreso Forestal Mundial (7, 2003, Québec, Canadá). 2004. Funciones de Servicio de los Sistemas de Agroforestería. Roma, Italia. 137 p.

Cornelius J.P., Ugarte-Guerra L.J., Simons A.J. 2004. ICRAF (World Agroforestry Centre) El Papel de la Domesticación de Árboles Agroforestales en el "Desarrollo con Protección Ambiental". Lima, Perú. 3 p.

Dent U. 2003. Estudio ecológico, silvícola y usos del zopilote, (*Piscidia grandifolia* Donn. Sm.) en bosques latifoliados de Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero en Desarrollo socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras. 53 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. Situación de los bosques del Mundo. Roma, Italia. 151 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1999. Situación de los bosques en el Mundo. Roma. Italia. 161 p.

Finegan B. 1993. Los gremios de especies forestales. Documento del curso de bases ecológicas para la producción sostenible. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 24 p.

Gentry A. 1988. Tree species richness of upper Amazonian forests. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 85(1): 156-159.

Iglesias J. 1999. Sistemas de producción agroforestales. Conceptos generales y definiciones. La Habana, Cuba. 18 p.

Knoblauch B. 2001. Estudio ecológico, silvícola y de utilización del Granadillo (*Dalbergia tucurensis* ID. Smith) en bosques latifoliados de Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 44 p.

Manual de Agroforestería para Zonas Secas y Semiáridas. 2009. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala/Mecanismo Mundial de la UNCCD. 102 p.

Sotelo C., Vidaurre H., Weber J., Simons A., Dawson I. 1999. Producción de semillas de árboles agroforestales en la amazonía peruana a partir de la domesticación participativa. Lima, Perú, 71 p.

Wadsworth F. 2000. Producción forestal para América tropical. Departamento de Agricultura de los EE.UU. Washington, EE.UU. 603 p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Distribución del número de especies por parcela de muestreo.

Parcela	Especies
1	5
2	6
3	2
4	13
5	7
6	0
7	6
8	9
9	2
10	3
11	0
12	5
13	8
14	8
15	5
16	4
17	10
18	3
19	4
20	2
21	0
22	4
23	4
24	4
25	4
26	4
27	4
28	4
Promedio	5
Promedio especies/ha	18

## Anexo 2. Distribución del número de árboles por parcela de muestreo.

Parcela	Árboles por parcela
1	47
2	48
3	29
4	35
5	38
6	0
7	30
8	25
9	35
10	8
11	0
12	33
13	32
14	20
15	21
16	13
17	28
18	17
19	17
20	30
21	0
22	26
23	27
24	28
25	30
26	29
27	22
28	20
Promedio	28
N	97

Anexo 3. Distribución de número de *Ingas* spp. por parcela de muestreo.

Parcela	Árboles
1	24
2	12
3	28
4	8
5	15
6	0
7	20
8	15
9	34
10	5
11	0
12	29
13	11
14	6
15	16
16	8
17	0
18	15
19	14
20	29
21	0
22	10
23	22
24	8
25	6
26	11
27	16
28	13
Suma	375
Promedio	15
<i>Ingas</i> spp./ha	53

## Anexo 4. Distribución del diámetro promedio de copa por parcela de muestreo.

Parcela	Diámetro x de copa
1	18.0
2	19.0
3	18.0
4	20.0
5	9.0
6	0.0
7	9.0
8	9.5
9	10.0
10	9.0
11	0.0
12	15.5
13	6.0
14	10.0
15	9.5
16	10.0
17	13.7
18	10.0
19	9.0
20	10.0
21	0.0
22	8.0
23	8.3
24	10.7
25	6.7
26	15.5
27	9.2
28	12.5
Promedio	11.0

## Anexo 5. Distribución de la pendiente por parcela de muestreo.

Parcela	Pendiente
1	15
2	24
3	15
4	28
5	17
6	-
7	25
8	28
9	15
10	15
11	-
12	16
13	18
14	18
15	15
16	20
17	40
18	36
19	27
20	35
21	-
22	37
23	30
24	5
25	25
26	27
27	29
28	37
Promedio	24

Anexo 6. Distribución del número de árboles, área basimétrica promedio y área basal para el componente arbóreo del SAF de Las Minas.

Parcela	N° árboles de valor económico por parcela	Área basimétrica g (m <sup>2</sup> /árbol)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
1	0	0.00	0.00
2	2	0.64	2.27
3	0	0.00	0.00
4	3	0.91	3.21
5	0	0.00	0.00
6	0	0.00	0.00
7	1	0.16	0.56
8	6	0.27	0.96
9	1	0.54	1.91
10	0	0.00	0.00
11	0	0.00	0.00
12	0	0.00	0.00
13	3	0.42	1.49
14	3	0.10	0.35
15	3	0.30	1.08
16	0	0.00	0.00
17	4	0.25	0.89
18	1	0.38	1.36
19	2	0.92	3.25
20	1	0.26	0.90
21	0	0.00	0.00
22	0	0.00	0.00
23	1	0.00	0.07
24	1	1.80	6.42
25	0	0.00	0.00
26	2	1.10	3.85
27	2	0.80	2.83
28	6	0.40	1.55
Total		9.30	32.95

## Anexo 7. Variables dasométricas de árboles de alto valor económico.

Árbol	dap x (cm)	Altura Total x (m)	Altura comercial x (m)
Tempisque	98.3	31.9	9.3
Aguacate rojo	73.8	31.0	13.8
Cedro	47.0	21.9	5.8
Jocomico	53.3	30.0	14.7
Aguacate de cerro	45.0	29.5	10.0
Fierrillo	82.8	33.8	17.3
Masica	25.0	18.6	6.2
Montero de Mico	35.0	18.4	5.9
Aguacate Mico	102.0	31.0	13.0
Lechón	50.5	23.4	10.1
Aguacatillo	58.3	22.5	12.5
Caoba	32.0	24.0	12.0
Níspero	34.0	25.8	12.0
Cuero de toro	126.7	39.2	26.6
Pichingo	70.0	23.2	8.8
Macuelizo	17.0	8.0	2.8
Guayabillo	152.0	41.6	25.0
Caobina	99.0	28.8	16.8
San Juan	58.0	23.8	8.4
Roble Encino	112.0	34.5	18.4
Cedro Mechudo	60.0	24.8	13.5

## Anexo 8. Especies de alto valor económico recomendadas para el SAF de Las Minas.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	Ron -rón
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	Macuelizo
	<i>Tabebuia guayacan</i>	Cortés
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel blanco
	<i>Cordia megalantha</i>	Laurel negro
Canelaceae	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Aguacatillo
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	Maria
Combretaceae	<i>Terminalia amazonia</i>	Cumbillo
	<i>Terminalia lucida</i>	Guayabón
Euphorbiaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	Rosita
Fabaceae	<i>Dalbergia tucurensis</i>	Grandillo rojo
	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	Hormigo
Juglandaceae	<i>Juglan olanchana</i>	Nogal
Lauraceae	<i>Persea caerulea</i>	Aguacatillo
Magnoliaceae	<i>Magnolia yoroconte</i>	Redondo
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba
	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro real
	<i>C. fissilis</i>	Cedro mechudo
	<i>Guarea grandifolia</i>	Marapolán
Mimosaceae	<i>Cojoba arborea</i>	Barba de jolote
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Masica
Sapotaceae	<i>Sideroxylon capiri</i>	Tempisque
Styracaceae	<i>Styrax argenteus</i>	Álamo