

# **Evaluación de un sistema agroforestal en un ecosistema muy húmedo de tierras bajas, en el Lago de Yojoa, Honduras**

**Andrea Estefanía Macz Barrientos  
Jorge Andrés Gálvez Aguilar**

**Zamorano, Honduras  
Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente**

**Diciembre, 2006**

# **Evaluación de un sistema agroforestal en un ecosistema muy húmedo de tierras bajas, en el Lago de Yojoa, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero(a) en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el grado  
académico de licenciatura.

Presentado por:

**Andrea Estefanía Macz Barrientos**  
**Jorge Andrés Gálvez Aguilar**

**Zamorano, Honduras**  
**Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente**

**Diciembre, 2006**

Los autores conceden a Zamorano el permiso  
para reproducir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Andrea Estefanía Macz Barrientos

---

Jorge Andrés Gálvez Aguilar

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 2006

**Evaluación de un sistema agroforestal en un ecosistema muy húmedo de  
tierras bajas, en el Lago de Yojoa, Honduras**

Presentado por:

Andrea Estefanía Macz Barrientos  
Jorge Andrés Gálvez Aguilar

Aprobada:

---

Nelson Agudelo, M.Sc.  
Asesor principal

---

Mayra Falck, M.Sc.  
Directora de Carrera de Desarrollo  
Socioeconómico y Ambiente

---

Gloria Arévalo, M.Sc.  
Asesor

---

George Pilz, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## **DEDICATORIA**

A nuestras familias, padres, madres, hermanos y hermanas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darnos el regalo de la vida, guiarnos y protegernos siempre.

A nuestras familias, por apoyarnos incondicionalmente durante toda la vida.

A nuestros amigos, por acompañarnos y apoyarnos en todo momento.

A nuestros profesores y especialmente a nuestros asesores, por sus enseñanzas y el tiempo dedicado a nosotros.

## **AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES**

A Yohei Sasakawa, de la Nipón Foundation, por confiar en nosotros y elegirnos dentro de los becarios de The Nippon Foundation Ryoichi Sasakawa/Norman Borlaug Scholarship Program Organization.

A nuestros padres, por el esfuerzo realizado para apoyarnos en todos los años de nuestra educación.

## RESUMEN

Gálvez Aguilar, Jorge Andrés y Macz Barrientos, Andrea Estefanía 2006. Evaluación de un sistema agroforestal en un ecosistema muy húmedo de tierras bajas, en el Lago de Yojoa, Honduras. Tesis de proyecto de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamorano, Honduras. 37 p.

El manejo de los recursos naturales se ha convertido en una de las principales polémicas en últimos años. Para asegurar la sostenibilidad de los procesos de producción es necesario evaluar las alternativas, comparar los efectos de cada una de ellas y así optar por aquel sistema que genere mejores beneficios económicos, sociales y ambientales. Los sistemas agroforestales, son una técnica de uso de la tierra que da amplias alternativas de producción por la combinación de componentes agrícolas y forestales en distintos ecosistemas, potencializando la vocación natural del país al combinar árboles con agricultura y ganadería. La evaluación se realizó en un finca de 7.43 ha. ubicada en la aldea Peña Blanca, municipio de Santa Cruz de Yojoa, departamento de Cortés, a 650 msnm con el objetivo de demostrar los beneficios ambientales de los sistemas agroforestales en ecosistemas muy húmedos de tierras bajas, evaluando rendimientos de especies maderables, caracterizando suelos y comparándolos con otro sistema de producción agrícola (monocultivo de caña). El incremento medio anual (IMA) de las especies maderables se calculó mediante un censo de las variables dasométricas de los árboles y el estudio de suelos mediante descripción de calicatas, análisis de muestras y clasificación taxonómica de los suelos. Se concluye que las especies con mayor rendimiento ( $m^3/\text{árbol}$ ) son *Hyeronima alchorneoides*, *Juglans olanchana*, *Callophyllum brasiliense*. En especies como *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis*, *Swietenia macrophylla* y *Dalbergia glomerata*, se ve afectado el rendimiento por el factor forma, el poco mejoramiento genético y la falta de manejo silvícola. Los suelos del sistema agroforestal presentan en general mejores condiciones físicas y nutricionales que el sistema de monocultivo de caña asemejando el ciclaje de nutrientes que existe en los bosques prístinos, lo que los convierte en la mejor opción después de los bosques naturales desde el punto de vista ambiental y de sostenibilidad de recursos.

**Palabras claves:** agroforestería, clasificación de suelos, especies maderables, suelos.



## TABLA DE CONTENIDO

|   |  |          |
|---|--|----------|
| Portada.....  |  | I        |
| Autoría.....  |  | II       |
| Hoja de firmas.....                                       |  | III      |
| Dedicatoria.....  |  | IV       |
| Agradecimientos.....                                      |  | V        |
| Agradecimientos a patrocinadores.....                     |  | VI       |
| Resumen.....  |  | VII      |
| Índice de cuadros.....                                    |  | X        |
| Índice de figuras.....                                    |  | XI       |
| Índice de anexos.....                                     |  | XII      |
| <b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>                               |  | <b>1</b> |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL.....                                 |  | 2        |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                            |  | 2        |
| <b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>                     |  | <b>3</b> |
| 2.1 SISTEMAS AGROFORESTALES.....                          |  | 3        |
| 2.2 EFECTO DE LOS ÁRBOLES EN SISTEMAS AGROFORESTALES..... |  | 4        |
| 2.3 CICLAJE DE NUTRIMENTOS.....                           |  | 4        |
| 2.4 PROPIEDADES DE LOS SUELOS.....                        |  | 6        |
| <b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                       |  | <b>7</b> |
| 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....                |  | 7        |
| 3.1.1 Ubicación geográfica y política.....                |  | 7        |
| 3.1.2 Aspectos físicos.....                               |  | 7        |
| 3.2 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO.....                     |  | 8        |
| 3.2.1 Clasificación del ecosistema.....                   |  | 8        |
| 3.2.2 Clasificación del sistema agroforestal.....         |  | 8        |
| 3.2.3 Censo de árboles maderables.....                    |  | 8        |
| 3.2.4 Estudio de suelos.....                              |  | 8        |
| 3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....                        |  | 10       |
| 3.3.1 Clasificación del ecosistema.....                   |  | 10       |
| 3.3.2 Clasificación del sistema agroforestal.....         |  | 10       |
| 3.3.3 Volumen cúbico de madera en rollo.....              |  | 10       |
| 3.3.4 Descripción del suelo.....                          |  | 11       |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 3.3.5     | Análisis químico del suelo .....   | 11        |
| 3.3.6     | Clasificación de suelos.....   | 12        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS .....</b>  | <b>13</b> |
| 4.1       | CLASIFICACIÓN DEL ECOSISTEMA.....  | 13        |
| 4.2       | CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL .....                                 | 13        |
| 4.3       | CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE ARBÓREO .....                                 | 14        |
| 4.4       | CARACTERIZACIÓN DE SUELOS.....   | 20        |
| 4.4.1     | Características físicas de los suelos del sistema agroforestal .....         | 20        |
| 4.4.2     | Características físicas de los suelos del monocultivo de caña de azúcar..... | 22        |
| 4.4.3     | Características químicas de los suelos .....                                 | 24        |
| 4.4.4     | Clasificación taxonómica de los suelos .....                                 | 27        |
| <b>5.</b> | <b>DISCUSIÓN .....</b>   | <b>29</b> |
| 5.1       | CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES MADERABLES .....                                 | 29        |
| 5.2       | CALIDAD MADERERA DEL SISTEMA AGROFORESTAL .....                              | 29        |
| 5.3       | SUELOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL.....   | 30        |
| <b>6.</b> | <b>CONCLUSIONES .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>7.</b> | <b>RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>34</b> |
| <b>8.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>9.</b> | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>37</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

|  |    |
|--|----|
| 1. Especies maderables presentes en la finca.....  | 14 |
| 2. Variables dasométricas de las principales especies maderables encontradas en la Finca Marisol. .... | 15 |
| 3. Incremento medio anual de DAP para las principales especies maderables de la Finca Marisol .....    | 16 |
| 4. Incremento medio anual del DC para las principales especies maderables de la Finca Marisol .....    | 17 |
| 5. Incremento medio anual del DB para las principales especies maderables de la Finca Marisol .....    | 18 |
| 6. Datos aproximados a 30 años .....   | 19 |
| 7. Descripción del perfil de suelo .....   | 20 |
| 8. Descripción del perfil de suelo .....   | 23 |
| 9. CICE y relaciones de Calcio, Magnesio y Potasio .....   | 25 |
| 10. Porcentaje de saturación de bases .....  | 26 |
| 11. Pérdida de nutrientes del sistema de monocultivo de caña .....                                     | 27 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

1. Mapa de las barrenaciones utilizadas para estudio de suelo, en la Finca Marisol, Lago de Yojoa, Honduras, 2006 ..... 9
2. Perfil de suelos del sistema agroforestal en la Finca Marisol, Lago de Yojoa, Honduras, 2006 ..... 21
3. Perfil de suelos del monocultivo de caña de azúcar, en el Lago de Yojoa ..... 23

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo

|   |    |
|---|----|
| 1. Variables dasométricas por individuo.....                        | 37 |
| 2. Volúmenes en m <sup>3</sup> de madera en rollo por especie ..... | 45 |
| 3. Resultados de análisis de suelos .....                           | 46 |

## 1. INTRODUCCIÓN

El manejo de los recursos naturales se ha convertido en una de las principales polémicas en últimos años, y es que en realidad los recursos renovables y no renovables, son limitados. Para asegurar la sostenibilidad de los procesos de producción es necesario evaluar las alternativas, comparar los efectos de cada una de ellas para optar por aquel sistema que genere mejores beneficios económicos, sociales y ambientales.

La historia de Honduras demuestra que su economía está centrada en la actividad del sector agropecuario, el cual participa con más de un cuarto en la formación del Producto Interno Bruto (PIB). Más de dos tercios de las exportaciones lo constituyen productos agrícolas primarios, incluidos productos derivados de la actividad forestal (AFE-CODHEFOR, 2000).

Según AFE-CODHDEFOR (2000) en Honduras el 87.7% del territorio nacional es de vocación natural forestal; de esta área en la actualidad únicamente el 57.6% está cubierta de bosques. Una reducción drástica de esta cobertura la han sufrido los bosques latifoliados y los manglares, causada principalmente por la expansión de la frontera agrícola.

Los sistemas agroforestales, son una técnica de uso de la tierra que da amplias alternativas de producción por la combinación de componentes agrícolas y forestales en distintos ecosistemas, potencializando la vocación natural del país al combinar árboles con agricultura y ganadería (Arévalo, L. 1998).

En ecosistemas muy húmedos de tierras bajas, la agroforestería presenta una alternativa de producción que con sus beneficios permite reducir los procesos degradativos del suelo, principalmente por la cobertura, reduciendo los efectos de la alta humedad en la pérdida de nutrientes y en la erosión (Gómez y Prestón, 1996).

Como establece Young (1989) los efectos benéficos de los árboles sobre el suelo se manifiestan en un mejoramiento de la estructura y en un aumento en la disponibilidad de nutrientes. Estos y otros beneficios se obtienen al combinar cultivos o producción animal con árboles, pero es importante evaluar sistemas agroforestales para demostrar con datos reales la viabilidad total de estos sistemas.

La presente investigación consistió en una evaluación de un sistema agroforestal, en un ecosistema muy húmedo de tierras bajas en el Lago de Yojoa. Su caracterización, clasificación y análisis permitieron evaluar los beneficios que éste genera en la zona. Sobre esta base, el estudio pretende alcanzar los siguientes objetivos:

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Demostrar los beneficios ambientales de los sistemas agroforestales en ecosistema muy húmedos de tierras bajas.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Clasificar el sistema agroforestal y los ecosistemas donde está establecido.
- Medir variables dasométricas (diámetro y altura) del componente arbóreo del sistema agroforestal.
- Evaluar rendimientos de los árboles maderables.
- Caracterizar los suelos del sistema agroforestal.
- Comparar el sistema agroforestal con otras técnicas del uso de la tierra.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 SISTEMAS AGROFORESTALES**

Agroforestería es una definición que ha tenido mucha discusión, llevando a realizar compilaciones y análisis de los distintos conceptos utilizados por los varios autores, considerando algunos ciertas actividades dentro de la agroforestería y discutiendo otras.

Nair (1985) citado por Osorio (2004) enunciaba: “La agroforestería representa un enfoque en el uso integral de la tierra, que involucra una mezcla o retención deliberada de árboles u otras especies leñosas perennes en el campo de la producción agropecuaria, beneficiándose la misma de las interacciones ecológicas y económicas resultantes”.

Somarriba (1992) citado por Jiménez y Vargas (1998) en cambio, indica que la agroforestería es la forma de realizar un cultivo múltiple y éste debe cumplir tres condiciones fundamentales: Primero, el existir por lo menos dos especies de plantas que interactúen biológicamente; segundo, al menos uno de los componentes debe ser una especie leñosa perenne y tercero, al menos una de las especies debe ser una planta manejada con fines agrícolas.

Los sistemas agroforestales en la actualidad se clasifican en tres tipos: los sistemas agroforestales secuenciales, los sistemas agroforestales simultáneos y el de cercas vivas y cortinas rompevientos (Arévalo, L. 1998).

Los sistemas agroforestales simultáneos son considerados en cuatro categorías: Árboles en asociación con cultivos perennes (multiestratos); árboles en asociación con cultivos anuales (cultivo en callejones); huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles (Arévalo, L. 1998). En este sistema agroforestal los árboles y los cultivos crecen al mismo tiempo y están lo suficientemente cerca uno del otro como para competir por la luz, el agua y los nutrientes (Sánchez y Palm, 1996).

El caso de árboles en asociación con cultivos perennes (árboles-cacao, árboles-café) pretende y tiende a optimizar el uso de los recursos naturales, aumentando la productividad, siendo una alternativa cuando los monocultivos no presentan una factibilidad financiera (Arévalo, L. 1998).

En la asociación árboles con cultivos anuales se da una interacción de los cultivos anuales con el componente arbóreo, parecida a la asociación de árboles con cultivos perennes. Estos sistemas se prestan para especies anuales y con ello se obtienen ingresos al año de establecido el sistema (Jiménez y Vargas, 1998).



Los huertos caseros mixtos o familiares constituyen prácticas agroforestales muy antiguas, al igual que la agricultura migratoria, usándose primordialmente para proveer necesidades básicas de familias, vendiéndose ocasionalmente algunos excedentes de la producción. Los huertos familiares, presentan una gran variedad de árboles, cultivos y algunas veces animales. Teniendo una alta diversidad de especies y producción durante todo el año, juegan un papel primordial en suplir los alimentos básicos a nivel familiar (Agudelo, 2002).

Se considera que la agrosilvicultura, es el cultivo de árboles junto a cosechas y/o ganado en el mismo terreno, permitiendo mantener un ciclaje de nutrientes más eficaz que la agricultura convencional (Sánchez y Palm, 1996).

## **2.2 EFECTO DE LOS ÁRBOLES EN SISTEMAS AGROFORESTALES**

La presencia de árboles favorece los sistemas de producción en aspectos tales como el mantenimiento del ciclaje de nutrientes y el aumento en la diversidad de productos, generando mayores ingresos y trabajo a los productores (PNUMA, 2002).

Los efectos más importantes de los árboles sobre los suelos se deben principalmente a la acumulación de materia orgánica producto de la caída natural de hojas y partes de éstos, de las podas y de la descomposición de raíces (Agudelo, 2002).

Con una perspectiva a largo plazo, la búsqueda de sostenibilidad ecológica y de conservación de la biodiversidad, hacen que la introducción de árboles a sistemas productivos sea atractivo, además de la demanda creciente por madera o árboles vivos por sus funciones ecológicas (fijación de N y C) (Jiménez y Vargas, 1998).

Estudios de Fassbender (1993) y Aranguren (1982) citado por Osorio (2004) han evaluado para el componente arbóreo de sistemas agroforestales, producción de biomasa bajo diferentes sistemas de manejo de podas, densidades de plantación y arreglos espaciales, así como también la producción del cultivo asociado. Sin embargo, se sabe poco sobre diferentes asociados y los beneficios de cada uno de ellos, así como distintas prácticas de manejo.

Experimentos de Young (1989) donde se compararon muestras de suelo, en zonas semiáridas, entre el trayecto del tronco del árbol hasta un área fuera de la influencia de la copa evidencian los efectos de los árboles sobre los suelos, mostrando aumento de materia orgánica y nitrógeno en los suelos influenciados por los árboles, así como otros beneficios en retención de agua y disponibilidad de nutrientes.

## **2.3 CICLAJE DE NUTRIMENTOS**

Uno de los principios fundamentales de la agroforestería es que los árboles aumentan la fertilidad del suelo, es decir, su capacidad de proporcionar los elementos nutritivos

esenciales para el crecimiento de la planta. A menudo se confunden términos clave de los nutrientes como entrada, salida, saldo, reciclaje y capital. Esta terminología se refiere a un sistema suelo-planta, generalmente a nivel de agricultor. Las entradas son aportaciones que provienen fuera del sistema, tales como el nitrógeno que fijan las leguminosas tomándolo del aire, o el uso de fertilizantes químicos. Las salidas de nutrientes son las pérdidas que se producen a causa de la cosecha, la erosión del suelo, la lixiviación, la volatilización del gas y otros procesos. El saldo de nutrientes es la diferencia entre las entradas y las salidas. El reciclaje de nutrientes se refiere a la transferencia de nutrientes, que ya existen en el sistema suelo-planta, de un componente a otro, por ejemplo la liberación de nitrógeno de la materia orgánica del suelo, como amonio o nitrato, y su absorción posterior por las plantas (Arévalo, L. 1998).

Los bosques tropicales son un ejemplo de circulación y ciclaje de nutrimentos. La producción de hojarasca, la población de organismos y su combinación de especies están relacionadas con la descomposición y transformación continua (Gómez y Preston, 1996).

Cómo menciona Gómez y Preston (1996) el ciclaje de nutrimentos en los sistemas agroforestales es el proceso que involucra la transferencia continua dentro y entre los diferentes componentes de un ecosistema. Dándose en él actividades de la biota del suelo, desgaste de minerales y transformaciones a nivel de la biósfera.

Algunas de las investigaciones que se han desarrollado en este tema, incluyen la composición y liberación de nutrimentos de hojarasca de los árboles, la acumulación de materia orgánica por el reemplazo de raíces y la cuantificación del reemplazo de raíces finas (Young, 1989).

Se destaca la influencia de la fauna del suelo (lombrices, termitas, hormigas), alterando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Las técnicas de manejo de los cultivos en sistemas agroforestales incrementan la actividad de esta fauna, afectando así el cambio en la tasa de reemplazo del suelo, consistencia, porosidad, mineralización y humificación de la materia orgánica (Arévalo, L. 1998).

De acuerdo a Sánchez y Palm (1996) otro proceso que se relaciona con el ciclaje de nutrimentos es la incorporación al suelo de los residuos de cultivos en forma de rastrojos, orina de animales depositada en el sistema, abono de ganado y abonos verdes de leguminosas que se añaden al suelo.

La descomposición de la hojarasca conduce con el tiempo a la liberación de nutrimentos en una forma disponible para las plantas; la tasas de descomposición y de esta forma la liberación de nutrimentos está controlada por el clima y la calidad del recurso, de tal forma la eficiencia de transferencia del nutrimento dependerá del momento de liberación en relación con la tasa de máximo crecimiento del cultivo y de la demanda de nutrimentos por la planta (Swift, 1987 citado por Sánchez y Palm, 1996).

Según Swift y Sánchez (1984) citados por Osorio (2004) las prácticas de manejo dentro de los sistema de producción, como el laboreo mecánico causan una disminución en el

contenido de humus del suelo trayendo con ello cambios en el régimen térmico de éste, dado por los rompimiento de los agregados del suelo y los cambios en cantidad y calidad de residuos incorporados al mismo.

Cuanto menores sean las pérdidas de nutrientes del sistema, menores serán las aportaciones que se requerirán del exterior para encontrar un equilibrio. El capital de nutrientes se refiere a las reservas de nutrientes presentes en el suelo en formas de asimilación lenta y que se liberarán en años o decenios (Gómez y Preston, 1996).

## **2.4 PROPIEDADES DE LOS SUELOS**

Según Arévalo (2005) el suelo visto como un cuerpo natural es el material no consolidado de la corteza terrestre de naturaleza mineral u orgánica que ha sido sujeto y muestra efectos de factores de formación (genéticos) y ambientales (efectos de lluvia y temperatura), de macro y micro organismos, condicionados por el relieve (topográfico) actuando sobre roca o sedimento (llamado material parental) a través de un periodo de tiempo determinado.

Los suelos son formados mediante la meteorización y la descomposición de su material parental, dejando compuestos inorgánicos no disueltos los cuales mantienen las características de su origen. La materia orgánica y las condiciones climáticas intervienen en la formación del suelo dificultando o facilitando el proceso.

El color es un indicador de las condiciones que el suelo puede presentar. Generalmente se asocian colores claros con baja fertilidad, debido a lixiviaciones, erosiones o presencia de sales y colores pardos oscuros a negros asociados con un alto contenido de materia orgánica (Arévalo, 2004).

Los colores indican el buen drenaje de los suelos. Colores azulados dan señal de falta de oxígeno (hierro oxidado) y colores entre amarillo a rojo dan muestras de un buen drenaje (minerales férricos oxidados) (Plaster, 1997).

Dentro de las propiedades químicas que los suelos pueden presentar, se debe mencionar la capacidad de intercambio de cationes (CIC), la cual indica la capacidad que tiene el suelo para retener nutrimentos. Las arcillas poseen la CIC más alta. Una CIC muy elevada se traduce en dificultad de las plantas para extraer los nutrimentos, y a la vez una alta retención de los nutrimentos en el suelo. Una CIC baja facilita la extracción de nutrimentos, pero presenta una mayor pérdida de nutrimentos por lixiviación (Erickson, 1994).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

##### **3.1.1 Ubicación geográfica y política**

La Finca Marisol está ubicada en la aldea Peña Blanca, en el municipio de Santa Cruz de Yojoa, departamento de Cortés, Honduras. Específicamente en las coordenadas UTM 390400 y 1654300.

La finca colinda al Norte con la carretera pavimentada Tegucigalpa- Lago de Yojoa al Oeste con una ganadería, al Este con una finca cafetalera, y al Sur con una producción de caña.

##### **3.1.2 Aspectos físicos**

**3.1.2.1 Superficie:** La Finca Marisol comprende un área de 7.43 ha. medidas y con el sistema de posicionamiento global (GPS).

**3.1.2.2 Relieve:** La pendiente de la finca varía desde 0 hasta 8 %, lo que la ubica dentro de la categoría de relieve de ligeramente ondulado.

**3.1.2.3 Clima:** La finca se encuentra a los 650 msnm, con una temperatura media anual mayor a 24° C y una bio-temperatura media anual de 23.6 ° C. La precipitación promedio total anual para un período de registro de 45 años (1960-2004) es de 3224 mm.

**3.1.2.4 Geología y suelos:** Según el mapeo de suelos de Honduras de Simmons, los suelos de la aldea Peña Blanca son de tipo Tomalá. Estos son suelos aluviales, fértiles, de vegas o praderas poseen un pH 5 aproximadamente, buen aireamiento, suelos poco profundos y texturas franco limo arcillosas.

**3.1.2.5 Uso actual de la tierra:** El uso actual de la tierra es un sistema agroforestal multiestrato que combina cultivo de café, cítricos y otros frutales con especies arbóreas maderables.

La pendiente se encuentra dentro de la categoría de ligeramente ondulado (3-8 % de pendiente). La actividad volcánica que existió en la zona dio origen a suelos fértiles clasificados dentro del orden de los andosoles.

## 3.2 METODOLOGÍA DE LEVANTAMIENTO

### 3.2.1 Clasificación del ecosistema

El sitio se caracterizó climática y ecológicamente con datos proporcionados por la Empresa Nacional de Energía Eléctrica, en la estación El Jaral, Peña Blanca, Cortés con datos históricos durante el período 1960-2004.

### 3.2.2 Clasificación del sistema agroforestal

Se identificaron los diferentes tipos de especies arbóreas, cultivos y asociaciones existentes en el sitio. Las especies fueron identificadas en términos dendrológicos directamente en el terreno.

### 3.2.3 Censo de árboles maderables

Se censó toda la población de árboles del sistema con Diámetro a la altura del pecho(DAP) mayor a 10 cm. En este conjunto de individuos se evaluaron las siguientes variables:

- a. Diámetro en la base del árbol, lo más próximo al suelo.
- b. DAP
- c. Diámetro a la altura comercial
- d. Altura comercial

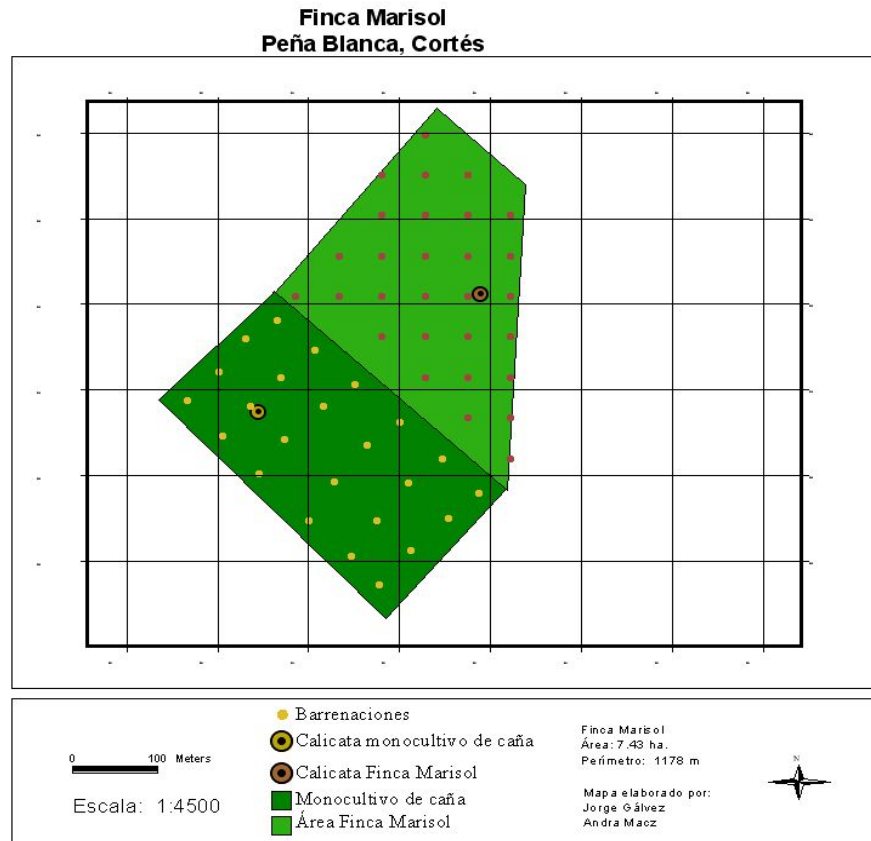
Los diámetros se midieron con cinta diamétrica y la altura con vara telescópica.

### 3.2.4 Estudio de suelos

La determinación de la clase de suelos se realizó mediante los siguientes procedimientos:

- a. **Barrenaciones:** Se realizaron barrenaciones cada 50 m, de manera que se formó una cuadrícula de 30 observaciones en las 7.5 ha de la finca; éstas se realizaron con el fin de identificar diferencias en los suelos de la finca, los cuales se describieron a partir de calicatas. (Figura 1)
- b. **Calicatas:** Según los resultados de las barrenaciones se identificaron preliminarmente diferentes suelos para abrir calicatas y en los perfiles representativos de cada suelo describir sus características físicas.
- c. **Descripción física:** Mediante el método organoléptico se determinó la textura. La estructura y consistencia del suelo; la porosidad, cantidad de raíces y límites entre horizontes por descripción visual; el color mediante la tabla Munsell; y la resistencia a la penetración, utilizando el penetrómetro de bolsillo.
- d. **Toma de muestras:** Para análisis químico se tomaron submuestras del primer horizonte en diferentes sitios, mezclándolos luego para obtener una

muestra representativa del área. En las calicatas se tomó una muestra de cada horizonte. Este procedimiento fue realizado en la finca agroforestal y en el sistema de monocultivo.



**Figura 1.** Mapa de las barrenaciones utilizadas para estudio de suelo, en la Finca Marisol, Lago de Yojoa, Honduras, 2006

### 3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

#### 3.3.1 Clasificación del ecosistema

Se clasificó el ecosistema con los datos de biotemperatura media anual, precipitación promedio total anual y elevación y mediante el uso del diagrama de clasificación de zonas de vida de Holdridge.

La biotemperatura media mensual se calculó utilizando el siguiente modelo matemático:

$$t^{bio} = t - \left[ \frac{3lat}{100} (t - 24^\circ) \right]^2$$

Donde:

$t^{bio}$  = biotemperatura media mensual en °C

$t$  = temperatura media mensual en °C

$lat$  = latitud de estación en grados

#### 3.3.2 Clasificación del sistema agroforestal

Para clasificar el sistema agroforestal se establecieron las características espaciales y temporales de las diferentes asociaciones encontradas asignándoles una categoría según la OET (1992), citado por Agudelo (2002).

#### 3.3.3 Volumen cúbico de madera en rollo

A cada uno de los árboles censados se le determinó su volumen en rollo, expresado en m<sup>3</sup>. Las áreas en la base del árbol y a la altura comercial se calcularon con la fórmula del círculo utilizando el siguiente modelo matemático:

$$A = \Pi \left( \frac{DAP}{2} \right)^2 = 0.7854(DAP)^2$$

Donde el DAP se expresa en metros.

El volumen de cada troza o tunca se obtuvo por medio de la fórmula de Smalian, la que obedece a la siguiente forma:

$$V = \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) L$$

Donde:

$V$  = volumen expresado en  $m^3$

$A_1$  = área de la base del árbol, en  $m^2$

$A_2$  = área a la altura comercial, en  $m^2$

$L$  = longitud de la troza, en m

Esta misma fórmula se utilizó para calcular el volumen total aproximado tomando en cuenta un período de turno de 30 años a partir del incremento media anual promedio por especie (IMA) para el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro comercial (DC) y diámetro basal (DB).

### 3.3.4 Descripción del suelo

A partir de las características físicas se clasificó el suelo utilizando los parámetros establecidos por el Soil Survey FAO, descrito por Arévalo 2005 (notas de clase).

### 3.3.5 Análisis químico del suelo

Los suelos se analizaron desde el punto de vista de sus propiedades químicas en el Laboratorio de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP). Se realizaron análisis de materia orgánica (M.O.), mediante el método de Walkley & Black; pH, a través de la relación suelo: agua (1:1); macro y microelementos con la solución extractora Mehlich 3 determinado mediante el método de absorción atómica, (K, Ca, Mg y Microelementos) y P por espectrofotómetro; y el % de Nitrógeno total fue calculado como el 5% de la MO.

La CIC se calculó como la CIC Efectiva (CICe) por sumatoria de bases y acidez intercambiable mediante la siguiente fórmula:

$$CICe = K^+ + Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+ + (Al^- + H^+)$$

Las relaciones de nutrimentos se realizaron con los elementos calcio, magnesio y potasio, estas relaciones son: Ca/Mg, Mg/K y (Ca+Mg)/K.

Por último la saturación de bases se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\%SB = \left( \frac{K^+ + Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+}{CICe} \right)$$



### **3.3.6 Clasificación de suelos**

A partir de la descripción física de las calicatas y de los análisis de laboratorio de las muestras de suelo, se determinó la unidad de suelo, se clasificó dentro de las ocho categorías de suelo de la USDA, citada por Arévalo (2005), y se asignó un nombre taxonómico describiendo las características del horizonte diagnóstico superficial y los regímenes de temperatura y humedad según Keys to Soil Taxonomy, USDA (1998).

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 CLASIFICACIÓN DEL ECOSISTEMA**

La finca con una biotemperatura media anual de 23.6°C y una precipitación promedio total de 3244 mm, se clasifica en la zona de vida bosque muy húmedo subtropical bmh-S.

Este ecosistema, con base en el diagrama de clasificación de zonas de vida del mundo tiene un rango de biotemperatura media anual entre los 18 -24° C y, un ámbito de precipitación promedio total anual entre los 2000 – 4000 mmm y la elevación entre los 0 – 1000 m.

### **4.2 CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA AGROFORESTAL**

El sistema encontrado en la Finca Marisol, es clasificado como un sistema agroforestal simultáneo, ya que, integra continua y simultáneamente cultivos, frutales y árboles maderables.

Dentro de los sistemas simultáneos, la finca presenta dos categorías:

#### **1. Árboles en asociación con cultivos perennes:**

Las asociaciones encontradas incluyen café con maderables, cítricos con café y otros frutales. Estas asociaciones tienen de cinco a 30 años de haberse establecido y mantienen una producción constante en sus épocas correspondientes, alternándose entre sí los diferentes frutales.

El asocio café- maderables, representa el 60 % del área en el sistema (4 ha), el componente arbóreo está constituido por diferentes especies de diferentes edades. El café se encuentra en diferentes etapas (plantas en desarrollo y plantas en producción). El manejo de ambos componentes permite que el sistema mantenga las características de un sistema simultáneo de árboles en asociación con cultivos perennes.

#### **2. Huerto casero mixto:**

El sistema ha sido manejado a lo largo de los años de tal forma que presenta diversos socios, multiestratificados y contiene varias formas de vida, usado primordialmente para el consumo familiar, vendiendo los excedentes y presentando una gran diversidad de cultivos y árboles.

Dentro de estos cultivos se pueden mencionar: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus spp.*), papaya (*Carica papaya*), mamey (*Mammea americana*), caimito (*Cryosophyllum cainito*), lichi (*Litchi chinensis*), rambután (*Nephelium lappaceum*) y zapote (*Pouteria sapota*), entre otros.

### 4.3 CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE ARBÓREO

El componente arbóreo del sistema agroforestal objeto de estudio, está compuesto por 378 individuos, de 25 diferentes especies, que pertenecen a 19 familias taxonómicas. El Cuadro 1 muestra las especies encontradas en este sistema agroforestal.

**Cuadro 1.** Especies maderables presentes en la finca

| Nombre científico               | Nombre común        | Familia        |
|---------------------------------|---------------------|----------------|
| <i>Acrocarpus fraxinifolios</i> | Cedro rojo          | Caesalpinaceae |
| <i>Callophyllum brasiliense</i> | María               | Clusiaceae     |
| <i>Cananga odorata</i>          | Ilan Ilan           | Anonaceae      |
| <i>Canarium ovatum</i>          | Pilinut             | Burseraceae    |
| <i>Cedrela odorata</i>          | Cedro               | Meliaceae      |
| <i>Cojoba arborea</i>           | Barba de Jolote     | Mimosaceae     |
| <i>Cordia alliodora</i>         | Laurel Blanco       | Boraginaceae   |
| <i>Cordia megalantha</i>        | Laurel Negro        | Boraginaceae   |
| <i>Dalbergia glomerata</i>      | Granadillo Rojo     | Fabaceae       |
| <i>Eucaliptus sp.</i>           | Eucalipto           | Myrtaceae      |
| <i>Guarea grandifolia</i>       | Marapolán           | Meliaceae      |
| <i>Huertia cubensis</i>         | Cedrillo            | Staphyleaceae  |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i>  | Rosita              | Euphorbiaceae  |
| <i>Juglans olanchana</i>        | Nogal               | Juglandaceae   |
| <i>Khaya senegalensis</i>       | Caoba africana      | Meliaceae      |
| <i>Magnolia yoroconte</i>       | Redondo             | Magnoliaceae   |
| <i>Peltogyne purpurea</i>       | Nazareno            | Caesalpinaceae |
| <i>Swietenia humilis</i>        | Caoba del Pacífico  | Meliaceae      |
| <i>Swietenia macrophylla</i>    | Caoba del Atlántico | Meliaceae      |
| <i>Tabebuia rosea</i>           | Macuelizo           | Bignoniaceae   |
| <i>Tapirira guianensis</i>      | Piojo               | Anacardiaceae  |
| <i>Tectona grandis</i>          | Teca                | Verbenaceae    |
| <i>Terminalia amazonia</i>      | Cumbillo            | Combretaceae   |
| <i>Virola koschnyi</i>          | Sangre              | Myristicaceae  |
| <i>Vochysia guatemalensis</i>   | San Juan            | Vochysiaceae   |

Fuente: Elaboración propia

Se encuentran especies exóticas que muestran una buena adaptación a la zona mostrando un buen desarrollo. Entre estas especies se puede mencionar la *Khaya senegalensis*, *Acrocarpus fraxinifolios*, *Canarium ovatum*, *Tectona grandis* y *Eucaliptus sp.*

Otras especies como *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Cojoba arborea*, *Virola koschnyi*, *Cordia alliodora*, *Tabebuia rosea*, *Dalbergia glomerata*, *Guarea grandifolia*, *Terminalia amazonia* y *Hyeronima alchoreoides*, son originarias de bmh-S y por lo tanto están acostumbradas a desarrollarse bajo las condiciones climáticas de la zona.

Los árboles medidos arrojaron un total de 92.98 m<sup>3</sup> de madera en rollo (Ver Anexo 1y 2).

El Cuadro 2 muestra las especies de interés forestal encontradas en la finca y apreciadas por la calidad de su madera. Las especies con mayor número de individuos son: *Tectona grandis* y *Swietenia macrophylla*. Mayor número de individuos no garantiza mayor volumen total, por ejemplo, aunque la *Swietenia humilis* tiene un menor número de individuos presenta en total mayor volumen que *Swietenia macrophylla*, ya que este volumen depende de la edad y del crecimiento (calidad de fuste) que presenten las especies.

**Cuadro 2.** Variables dasométricas de las principales especies maderables encontradas en la Finca Marisol.

| Especie                         | No. árboles | Volumen total (m <sup>3</sup> ) | Volumen promedio (m <sup>3</sup> ) | Volumen máximo (m <sup>3</sup> ) | Volumen mínimo (m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------|-------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Callophyllum brasiliense</i> | 4.00        | 0.77                            | 0.19                               | 0.25                             | 0.13                             |
| <i>Cedrela odorata</i>          | 13.00       | 7.24                            | 0.56                               | 1.53                             | 0.06                             |
| <i>Cojoba arborea</i>           | 4.00        | 0.44                            | 0.10                               | 0.21                             | 0.06                             |
| <i>Cordia alliodora</i>         | 17.00       | 4.44                            | 0.26                               | 0.43                             | 0.07                             |
| <i>Cordia megalantha</i>        | 25.00       | 8.37                            | 0.33                               | 1.12                             | 0.05                             |
| <i>Dalbergia glomerata</i>      | 18.00       | 1.81                            | 0.10                               | 0.21                             | 0.04                             |
| <i>Guarea grandifolia</i>       | 20.00       | 2.23                            | 0.11                               | 0.31                             | 0.04                             |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i>  | 5.00        | 1.17                            | 0.23                               | 0.47                             | 0.12                             |
| <i>Juglans olanchana</i>        | 7.00        | 3.02                            | 0.43                               | 0.81                             | 0.13                             |
| <i>Khaya senegalensis</i>       | 12.00       | 1.23                            | 0.10                               | 0.18                             | 0.06                             |
| <i>Magnolia yoroconte</i>       | 14.00       | 3.58                            | 0.26                               | 0.34                             | 0.14                             |
| <i>Peltogyne purpurea</i>       | 2.00        | 0.09                            | 0.04                               | 0.05                             | 0.04                             |
| <i>Swietenia humilis</i>        | 17.00       | 12.26                           | 0.72                               | 1.61                             | 0.04                             |
| <i>Swietenia macrophylla</i>    | 53.00       | 11.13                           | 0.21                               | 1.67                             | 0.04                             |
| <i>Tabebuia rosea</i>           | 5.00        | 1.22                            | 0.24                               | 0.31                             | 0.17                             |
| <i>Tapirira guianensis</i>      | 2.00        | 0.62                            | 0.31                               | 0.40                             | 0.22                             |
| <i>Tectona grandis</i>          | 97.00       | 13.90                           | 0.14                               | 0.39                             | 0.03                             |
| <i>Terminalia amazonia</i>      | 10.00       | 1.25                            | 0.13                               | 0.25                             | 0.06                             |

Fuente: elaboración propia

El DAP promedio indica el diámetro a la altura del pecho promedio por especie, este depende de la edad de las especies y de la forma del fuste. *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis*, *Juglans olanchana*, *Tabebuia rosea* y *Cordia megalantha* presentan los DAP promedio más altos dentro de todas las especies (Cuadro 3).

Al relacionar el DAP con la edad de los árboles se obtiene el incremento medio anual (IMA) del DAP. Con este dato se obtiene una mejor idea del crecimiento que han tenido las especies. Las especies con mayor IMA son: *Hyeronima alchorneoides*, *Juglans olanchana*, *Callophyllum brasiliense*. Un alto IMA; nos indica que el crecimiento y el aprovechamiento potencial de estas especies podría superar a las especies con mayor DAP hasta la fecha (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Incremento medio anual de DAP para las principales especies maderables de la Finca Marisol

| Especie                         | DAP promedio (cm) | Edad (años) | IMA (cm/año) |
|---------------------------------|-------------------|-------------|--------------|
| <i>Callophyllum brasiliense</i> | 19.50             | 7.00        | 2.79         |
| <i>Cedrela odorata</i>          | 34.48             | 25.00       | 1.38         |
| <i>Cojoba arborea</i>           | 16.79             | *           | *            |
| <i>Cordia alliodora</i>         | 22.35             | 10.00       | 2.23         |
| <i>Cordia megalantha</i>        | 23.37             | 10.00       | 2.34         |
| <i>Dalbergia glomerata</i>      | 16.40             | 7.00        | 2.34         |
| <i>Guarea grandifolia</i>       | 14.67             | 6.00        | 2.44         |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i>  | 19.77             | 7.00        | 2.82         |
| <i>Juglans olanchana</i>        | 25.78             | 10.00       | 2.58         |
| <i>Khaya senegalensis</i>       | 15.21             | 6.00        | 2.53         |
| <i>Magnolia yoroconte</i>       | 20.18             | *           | *            |
| <i>Peltogyne purpurea</i>       | 12.57             | *           | *            |
| <i>Swietenia humilis</i>        | 34.66             | 25.00       | 1.39         |
| <i>Swietenia macrophylla</i>    | 19.05             | 25.00       | 0.76         |
| <i>Tabebuia rosea</i>           | 25.11             | 11.00       | 2.28         |
| <i>Tapirira guianensis</i>      | 21.80             | 11.00       | 1.98         |
| <i>Tectona grandis</i>          | 16.89             | 8.00        | 2.11         |
| <i>Terminalia amazonia</i>      | 15.79             | 8.00        | 1.97         |

Datos no disponibles.

Fuente: elaboración propia

El diámetro comercial promedio al igual que el DAP dependen de la edad y sobre todo de la forma del fuste, ya que si éste presenta bifurcaciones a una altura baja el diámetro comercial es mayor, que un fuste recto con mayor altura comercial. Las especies que presentan mayor diámetro comercial (DC) promedio son: *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis*, *Tabebuia rosea*, *Juglans olanchana* y *Tapirira guianensis*, este dato está directamente relacionado con la edad de los árboles, a mayor edad, mayor diámetro comercial (Cuadro 4).

El mayor incremento medio anual de diámetro comercial lo presentan: *Dalbergia glomerata*, *Guarea grandifolia* y *Khaya senegalensis*.

**Cuadro 4.** Incremento medio anual del DC para las principales especies maderables de la Finca Marisol

| Especie                         | DC Promedio (cm) | Edad (años) | IMA (cm/año) |
|---------------------------------|------------------|-------------|--------------|
| <i>Callophyllum brasiliense</i> | 12.88            | 7.00        | 1.84         |
| <i>Cedrela odorata</i>          | 29.85            | 25.00       | 1.19         |
| <i>Cojoba arborea</i>           | 11.25            | *           | *            |
| <i>Cordia alliodora</i>         | 13.65            | 10.00       | 1.36         |
| <i>Cordia megallantha</i>       | 14.97            | 10.00       | 1.50         |
| <i>Dalbergia glomerata</i>      | 14.11            | 7.00        | 2.02         |
| <i>Guarea grandifolia</i>       | 12.13            | 6.00        | 2.02         |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i>  | 11.90            | 7.00        | 1.70         |
| <i>Juglans olanchana</i>        | 17.86            | 10.00       | 1.79         |
| <i>Khaya senegalensis</i>       | 11.96            | 6.00        | 1.99         |
| <i>Magnolia yoroconte</i>       | 10.36            | *           | *            |
| <i>Peltogyne purpurea</i>       | 11.50            | *           | *            |
| <i>Swietenia humilis</i>        | 29.15            | 25.00       | 1.17         |
| <i>Swietenia macrophylla</i>    | 14.61            | 25.00       | 0.58         |
| <i>Tabebuia rosea</i>           | 19.50            | 11.00       | 1.77         |
| <i>Tapirira guianensis</i>      | 17.50            | 11.00       | 1.59         |
| <i>Tectona grandis</i>          | 11.15            | 8.00        | 1.39         |
| <i>Terminalia amazonia</i>      | 12.10            | 8.00        | 1.51         |

Datos no disponibles.

Fuente: elaboración propia

El diámetro basal (DB), es otro factor que influye en la forma del fuste, y está igualmente influenciado por la edad de cada individuo. El Cuadro 5 muestra el DB promedio por especie y el incremento medio anual del mismo. Se puede observar que las especies con mayor DB promedio son: *Swietenia humilis*, *Cedrela odorata*, *Juglans olanchana*, *Tabebuia rosea* y *Tapirira guianensis*, mientras que los mayores IMA los presentan especies como: *Callophyllum brasiliense*, *Hyeronima alchorneoides* y *Khaya senegalensis*, aún cuando no necesariamente son las especies de mayor edad.

**Cuadro 5.** Incremento medio anual del DB para las principales especies maderables de la Finca Marisol

| Especie                         | DB promedio (cm) | Edad (años) | IMA (cm/año) |
|---------------------------------|------------------|-------------|--------------|
| <i>Callophyllum brasiliense</i> | 27.97            | 4.00        | 6.99         |
| <i>Cedrela odorata</i>          | 41.26            | 25.00       | 1.65         |
| <i>Cojoba arborea</i>           | 22.28            | *           | *            |
| <i>Cordia alliodora</i>         | 28.46            | 10.00       | 2.85         |
| <i>Cordia megallantha</i>       | 29.74            | 10.00       | 2.97         |
| <i>Dalbergia glomerata</i>      | 22.84            | 7.00        | 3.26         |
| <i>Guarea grandifolia</i>       | 21.34            | 6.00        | 3.56         |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i>  | 26.58            | 7.00        | 3.80         |
| <i>Juglans olanchana</i>        | 36.40            | 10.00       | 3.64         |
| <i>Khaya senegalensis</i>       | 21.92            | 6.00        | 3.65         |
| <i>Magnolia yoroconte</i>       | 26.86            | *           | *            |
| <i>Peltogyne purpurea</i>       | 17.19            | *           | *            |
| <i>Swietenia humilis</i>        | 43.66            | 25.00       | 1.75         |
| <i>Swietenia macrophylla</i>    | 25.69            | 25.00       | 1.03         |
| <i>Tabebuia rosea</i>           | 32.40            | 11.00       | 2.95         |
| <i>Tapirira guianensis</i>      | 32.39            | 11.00       | 2.94         |
| <i>Tectona grandis</i>          | 24.10            | 8.00        | 3.01         |
| <i>Terminalia amazonia</i>      | 20.80            | 8.00        | 2.60         |

Datos no disponibles.

Fuente: elaboración propia

Para un período de turno de 30 años las especies que presentan mayor volumen son: *Hyeronima alchorneoides*, *Juglans olanchana* y *Callophyllum brasiliense*. Las cuales presentaron entre otras los IMAs DB y DC más altos. Cabe resaltar que todas las especies a excepción de *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis* y *Swietenia macrophylla* tendrán después del período de 30 años un volumen total de m<sup>3</sup> de madera en rollo mayor a 1 (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Datos aproximados a 30 años para las principales especies maderables de la Finca Marisol

| Especie                         | Altura<br>(m) | DAP<br>aproximado<br>30 años<br>(m) | DB<br>aproximado<br>30 años<br>(m) | DC<br>aproximado<br>30 años<br>(m) | SMALIAN<br>aproximado<br>30 años<br>(m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|
| <i>Callophyllum brasiliense</i> | 5.37          | 0.84                                | 1.20                               | 0.55                               | 3.67  |
| <i>Cedrela odorata</i>          | 4.51          | 0.41                                | 0.50                               | 0.36                               | 0.66  |
| <i>Cojoba arborea</i>           | 4.09          | *                                   | *                                  | *                                  | *   |
| <i>Cordia alliodora</i>         | 6.52          | 0.68                                | 0.85                               | 0.41                               | 2.30  |
| <i>Cordia megallantha</i>       | 6.46          | 0.70                                | 0.89                               | 0.45                               | 2.53  |
| <i>Dalbergia glomerata</i>      | 3.28          | 0.70                                | 0.98                               | 0.60                               | 1.70  |
| <i>Guarea grandifolia</i>       | 4.34          | 0.73                                | 1.07                               | 0.61                               | 2.57  |
| <i>Hyeronima alchorneoides</i>  | 6.37          | 0.85                                | 1.14                               | 0.51                               | 3.90  |
| <i>Juglans olanchana</i>        | 6.50          | 0.77                                | 1.09                               | 0.54                               | 3.78  |
| <i>Khaya senegalensis</i>       | 4.07          | 0.76                                | 1.10                               | 0.60                               | 2.49  |
| <i>Magnolia yoroconte</i>       | 7.74          | *                                   | *                                  | *                                  | *   |
| <i>Peltogyne purpurea</i>       | 2.55          | *                                   | *                                  | *                                  | *   |
| <i>Swietenia humilis</i>        | 5.18          | 0.42                                | 0.52                               | 0.35                               | 0.81  |
| <i>Swietenia macrophylla</i>    | 4.47          | 0.23                                | 0.31                               | 0.18                               | 0.22  |
| <i>Tabebuia rosea</i>           | 4.68          | 0.68                                | 0.88                               | 0.53                               | 1.96  |
| <i>Tapirira guianensis</i>      | 5.65          | 0.59                                | 0.88                               | 0.48                               | 2.24  |
| <i>Tectona grandis</i>          | 4.92          | 0.63                                | 0.90                               | 0.42                               | 1.91  |
| <i>Terminalia amazonia</i>      | 5.09          | 0.59                                | 0.78                               | 0.45                               | 1.63  |

Datos no disponibles.

Fuente: elaboración propia

Especies como *Cordia megallantha*, *Cordia alliodora*, *Guarea grandifolia*, *Khaya senegalensis* y *Tapirira guianensis* presentan un volumen total medio entre 2.24 m y 2.57 m<sup>3</sup>. Estas especies muestran un buen potencial debido a la genética de crecimiento de fuste, el cual pocas veces genera bifurcaciones, optimizando así la cantidad de m<sup>3</sup> de madera por árbol.

Las especies nativas como *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis* y *Swietenia macrophylla* presentan un volumen total bajo de 0.66, 0.81 y 0.22 m<sup>3</sup> respectivamente. Esto puede deberse a la genética de crecimiento de las especies, las cuales en lugar de tener un fuste recto, se ramifican y reducen la cantidad de madera aprovechable. Los incrementos medios anuales y el volumen total de estas especies, podría ser mayor con prácticas silvícola adecuadas.



## 4.4 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

### 4.4.1 Características físicas de los suelos del sistema agroforestal

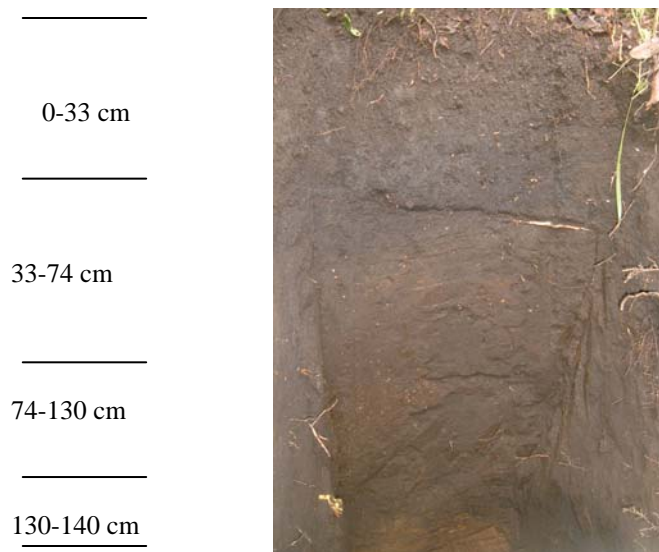
El suelo del sistema agroforestal presenta un perfil de profundidad hasta 140 cm. con 3 horizontes de color negro, como función de la interacción entre ceniza volcánica y materia orgánica (M.O.). El suelo tiene una textura franco arcillosa, de una clase textural fina (F), homogénea en toda el área, con una estructura granular desde la superficie del suelo hasta los 74 cm. de profundidad, siendo la estructura que presenta mejores características, bajo esta profundidad una estructura de bloques subangulares hasta los 130 cm (Cuadro 7 y Figura 2).

**Cuadro 7.** Descripción del perfil de suelo del sistema agroforestal de la Finca Marisol

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| <b>Fecha:</b>                  | 23-06-06              |
| <b>Ubicación:</b>              | Peña Blanca, Cortés.  |
| <b>Describe:</b>               | Gálvez, J. y Macz, A. |
| <b>Clima:</b>                  | Subtropical           |
| <b>Elevación:</b>              | 676 msnm              |
| <b>Drenaje natural:</b>        | Bueno                 |
| <b>Topografía:</b>             | ligeramente ondulada  |
| <b>Uso de la tierra:</b>       | sistema agroforestal  |
| <b>Pendiente:</b>              | 3- 8 %                |
| <b>Vegetación natural:</b>     | Degradada             |
| <b>Tipo de riego:</b>          | No hay                |
| <b>Nivel freático:</b>         | No se observa         |
| <b>Régimen de humedad:</b>     | Perhúdico             |
| <b>Régimen de temperatura:</b> | Isotérmico            |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción   |
|-----------|------------------|---|
| Ap        | 0 -33            | 10 YR 2/1 negro; textura franco arcillosa; estructura granular muy fina; consistencia friable en húmedo, blanda en seco y no plástico y pegajoso en mojado. Macro, meso y micro poros vesiculares y abundantes. Raíces gruesas, medias, finas y abundantes. Resistencia a la penetración 0.25 kg/cm <sup>2</sup> . Límite entre horizontes plano difuso.  |
| A         | 33 - 74          | 7.5 YR 2.5/1 negro; textura franco arcillosa; estructura granular gruesa; consistencia blanda en seco, friable en húmedo y no plástico y pegajoso en mojado. Macro, meso y microporos, vesiculares y abundantes. Raíces medias y finas abundantes. Resistencia a la penetración 0.625 Kg/cm <sup>2</sup> . Límite entre horizontes plano difuso.  |
| Bw        | 74 - 130         | 7.5 YR 2.5/1 negro cután 10 YR 2/1 negro recubriendo la cara de los ped (estructura); textura franco arcillosa, estructura de bloques subangulares gruesos; consistencia blanda en seco, firme en húmedo y no plástico y pegajoso en mojado. Meso y microporos, vesiculares pocos. Raíces medias y finas pocas. Resistencia a la penetración 2.4 Kg/cm <sup>2</sup> . Límite entre horizontes plano difuso. |
| Cr        | 130 – 140x       | 7.5 YR 3/4 pardo oscuro; textura franco arcillosa, estructura de bloques subangulares gruesos; consistencia dura en seco, muy firme en húmedo y no plástico y pegajoso en mojado. Microporos. No hay presencia de raíces. Resistencia a la penetración 3.5 Kg/cm <sup>2</sup> .   |

Fuente: elaboración propia



**Figura 2.** Perfil de suelos del sistema agroforestal en la Finca Marisol, Lago de Yojoa, Honduras, 2006

La superficie del suelo agroforestal presenta una capa de hojarasca de 10 cm de espesor, acumulada por la deposición de hojas de los árboles, cítricos y café, en ella se puede observar la actividad de la biota de los suelos, degradando e incorporando la materia orgánica.

La cantidad de poros en los horizontes Ap y A es abundante tanto macroporos, mesoporos y microporos, teniendo abundante cantidad de raíces grandes, medianas y pequeñas. Aunado a ello el color rojo/amarillo de los horizontes más profundos indican el buen intercambio gaseoso y la excelente capacidad de infiltración que presenta este suelo, beneficiando al buen crecimiento y desarrollo vegetal (Cuadro 4).

Los agregados del suelo húmedo presentan una consistencia friable. La textura franca y el alto contenido de M.O. del suelo (13 %), permiten este tipo de consistencia, la cual favorece la penetración de raíces, el aprovechamiento de nutrimentos y el desarrollo de la biota del suelo. Cabe notar que los suelos presentan una densidad aparente muy baja, que aunque no se determinó, se aprecia al describir los suelos por su bajo peso, producto de la intensa actividad volcánica que existió en esta zona, lo que confirma el origen volcánico de los suelos observado en las características descritas.

Por otro lado, el crecimiento de raíces se ve beneficiado por la baja resistencia a la penetración, de 0.25 a 0.625 Kg/cm<sup>2</sup>, hasta los 74 cm. Esta resistencia aumenta a mayor profundidad, llegando hasta 2.4 Kg/cm<sup>2</sup> y 3.5 Kg/cm<sup>2</sup> limitando el crecimiento del sistema radicular de los cultivos.

El suelo, en general, presenta características adecuadas para la producción agrícola tanto por su alto contenido de M.O, de 13 % en los dos horizontes superiores, hasta los 74cm de profundidad y 9 % hasta los 130 cm; textura franco arcillosa, estructura granular y baja resistencia a la penetración. La mayoría de los cultivos extraen nutrimentos de los primeros 50 cm de suelo, este sistema presenta 74 cm de capa arable y aprovechable por las plantas, por lo tanto tiene óptimas condiciones para el desarrollo vegetal.

#### **4.4.2 Características físicas de los suelos del monocultivo de caña de azúcar**

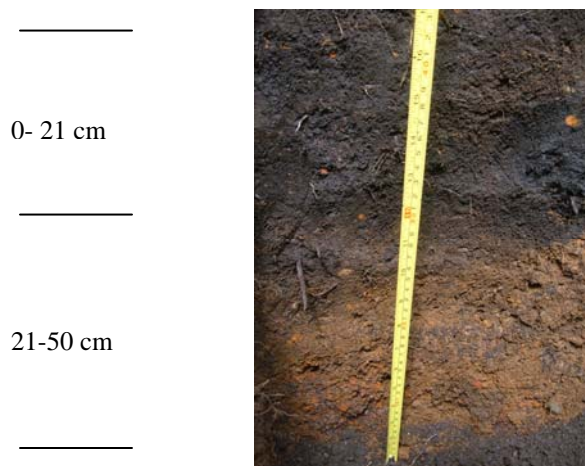
El suelo bajo cultivo de caña presenta dos horizontes distintos, con una profundidad total, hasta encontrar roca en proceso de alteración, de 50 cm. La textura es franco arcillosa y presenta una estructura de bloques subangulares medios y finos en los dos horizontes (Cuadro 8. y Figura 3).

**Cuadro 8.** Descripción del perfil de suelo del sistema de monocultivo de caña

|                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| <b>Fecha:</b>                  | 23-06-06              |
| <b>Ubicación:</b>              | Peña Blanca, Cortés.  |
| <b>Describe:</b>               | Gálvez, J. y Macz, A. |
| <b>Clima:</b>                  | Subtropical           |
| <b>Elevación:</b>              | 677 msnm              |
| <b>Drenaje natural:</b>        | Bueno                 |
| <b>Topografía:</b>             | ligeramente ondulada  |
| <b>Uso de la tierra:</b>       | monocultivo de caña   |
| <b>Pendiente:</b>              | 3- 8 %                |
| <b>Vegetación natural:</b>     | Degradada             |
| <b>Tipo de riego:</b>          | No hay                |
| <b>Nivel freático:</b>         | No se observa         |
| <b>Régimen de humedad:</b>     | Perhúcido             |
| <b>Régimen de temperatura:</b> | Isotérmico            |

| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción   |
|-----------|------------------|---|
| Ap        | 0 - 21           | 7.5 YR 2.5/1 negro; textura franco arcillosa; estructura de bloques subangulares, moderados, medios y gruesos. Consistencia blanda en seco, firme en húmedo, no plástica y pegajoso en mojado. Macro, meso y micro poros, vesiculares moderados. Raíces finas y muy finas abundantes, Resistencia a la penetración 1.375 kg/cm <sup>2</sup> . Límite entre horizontes plano difuso. |
| Cr        | 21- 50x          | 7.5 YR 5/8 pardo fuerte; textura franco arcillosa, bloques subangulares gruesos; consistencia dura en seco, muy firme en húmedo y no plástica y pegajoso en mojado. Meso y micro poros, vesiculares pocos. Raíces finas y medias cantidad media. Resistencia a la penetración 1.4375 kg/cm <sup>2</sup> .   |

Fuente: elaboración propia



**Figura 3.** Perfil de suelos del monocultivo de caña de azúcar, en el Lago de Yojoa, Honduras 2006

La superficie del suelo durante la mecanización pasa sin cobertura vegetal, susceptible de erosión hídrica y eólica.

En el horizonte Ap se observa cantidad abundante de raíces finas y muy finas con cantidad media de macroporos, mesoporos y microporos. La cantidad de poros y raíces se ve reducida en el horizonte inferior. La coloración del suelo amarilla y roja, indica procesos de oxidación y buen intercambio gaseoso entre los horizontes.

Los agregados del suelo en condiciones de humedad presentan una consistencia de firme a muy firme con una resistencia a la penetración de 1.3 y 1.4 kg/cm<sup>2</sup>, para el horizonte Ap (0-21 cm.) y Cr (21- 50 cm.) respectivamente. Aún cuando el contenido de M.O. es alto (11 %) para el primer horizonte, la estructura subangular y la consistencia firme hacen que la resistencia a la penetración se acerque al límite máximo para el desarrollo del sistema radicular.

Los suelos de este monocultivo presentan condiciones físicas aceptables para la producción agrícola, estructura subangular, textura franca, resistencia a la penetración menor a 1.7 Kg/cm<sup>2</sup> y alto contenido de M.O. Aunque las condiciones son aceptables, éstas se presentan solamente en los primeros 20 cm de suelo, a partir de la cual aparecen limitantes como grava y mayor resistencia a la penetración, restringiendo el desarrollo radicular y con ello el óptimo crecimiento vegetal.

#### **4.4.3 Características químicas de los suelos**

**4.4.3.1 Suelos del sistema agroforestal:** El pH, describe la reacción del suelo e indica la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas. El pH del suelo se encuentra entre 6.4 en la superficie y aumenta hasta 7.17 en el horizonte más profundo. El pH del primer horizonte se encuentra dentro del rango óptimo para la disponibilidad de los nutrimentos.

El suelo presenta una disminución en la cantidad de nutrimentos conforme se profundiza en el perfil, es decir, horizontes superiores tienen cantidades mayores de nutrientes como: fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), y zinc (Zn). Cobre (Cu) y manganeso (Mn) presentan concentraciones similares en los cuatro horizontes. (Anexo 3)

El suelo presenta alto contenido de nitrógeno, calcio y zinc, en el horizonte Ap, de 0 a 33 cm y bajo contenido de fósforo, potasio, cobre y manganeso.

Dentro de los elementos no deseables en el suelo se encuentra el sodio, éste presenta un nivel medio en todos los horizontes del perfil de suelo.

**4.4.3.2 Suelos del monocultivo de caña de azúcar:** El suelo del cultivo de caña tiene un pH 5.66 a 6.72, rango que está dentro de la categoría de moderadamente ácido a neutral.

La mayoría de nutrientes se encuentran en un nivel bajo en los dos horizontes con excepción del nitrógeno, que presenta un nivel alto, resultado del alto contenido de M. O.

El sodio, se encuentra con una concentración media en el suelo, igual al suelo del sistema agroforestal.

**4.4.3.3 Otras características de los suelos** Los valores de la CICE de los dos sistemas evaluados son diferentes. Aún cuando la textura es similar, la concentración de nutrientes influye en el aumento de la CICE en los suelos del sistema agroforestal. Este valor de CICE alto, depende del pH, e indica una alta capacidad de retención de nutrientes y agua, siendo beneficioso para contrarrestar los efectos de lixiviación en el suelo, ocasionados por las altas precipitaciones en la zona, por lo que se recomienda mantener los suelos con un pH de 6 a 6.5. Otro beneficio de una CICE alta es la capacidad tampón la cual permite que el suelo tenga alta capacidad para resistir cambios en el pH (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** CICE y relaciones de Calcio, Magnesio y Potasio para los sistemas agroforestal y monocultivo de caña

| Perfil                      | Horizontes        | CIC       | Ca/Mg | Mg/K | Ca+Mg/K |
|-----------------------------|-------------------|-----------|-------|------|---------|
|                             |                   | (Cmol/Kg) | 2-5   | 3-5  | 13      |
| <b>Sistema Agroforestal</b> |                   |           |       |      |         |
|                             | <b>0 - 33</b>     | 29.5      | 14.5  | 3.7  | 57.1    |
|                             | <b>33 - 74</b>    | 19.1      | 30.4  | 3.2  | 99.3    |
|                             | <b>74 - 130</b>   | 7.1       | 18.3  | 3.8  | 73.8    |
|                             | <b>130 - 140x</b> | 3.7       | 8.1   | 4.6  | 42.3    |
| <b>Monocultivo de caña</b>  |                   |           |       |      |         |
|                             | <b>0 - 21</b>     | 4.6       | 4.0   | 1.0  | 5.2     |
|                             | <b>21 - 50x</b>   | 4.0       | 3.3   | 1.2  | 5.0     |

Fuente: elaboración propia

El monocultivo de caña presenta un CICE baja teniendo una mayor probabilidad de pérdida de nutrientes por bajo pH, a excepción al P que por su baja movilidad en el suelo se pierde principalmente por erosión. El tipo de sistema productivo, en el que no se realizan prácticas de conservación, sumado a las altas precipitaciones de la zona y una CICE baja conllevan a una pérdida acelerada de nutrientes, que a su vez ocasionan mayores costos de producción por el subsidio de nutrientes mediante fertilizantes químicos.

Debido a las diferencia en las necesidades de extracción de nutrientes de los distintos cultivos, para el caso del sistema agroforestal se mantiene una cantidad alta de Ca, media de Mg y baja de K, creando un antagonismo entre estos nutrientes, es decir, que la alta

cantidad de Ca reduce la disponibilidad de Mg y K. En el caso del sistema de monocultivo de caña los valores de Ca, Mg y K son bajos, aun así se da un nivel de antagonismo entre Mg/K y entre (Ca+Mg)/K (Cuadro 9).

Otro indicador para medir fertilidad de los suelos es el porcentaje de saturación de bases (PSB), que además de la fertilidad también expresa la presencia de sodio, elemento no deseable en el suelo por sus efectos de toxicidad.

El PSB para el sistema agroforestal indica que los suelos tienen una alta fertilidad natural mientras que los suelos del sistema monocultivo presentan una fertilidad baja. El porcentaje de saturación de Mg para ambos casos es bajo, a diferencia del porcentaje de Ca que en el sistema agroforestal es realmente alto, y no así para el sistema de caña (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Porcentaje de saturación de bases para el sistema agroforestal y el monocultivo de caña

| (*)                         |                   | %SB    | %SK   | %SCa  | %SMg  | %SNa  |
|-----------------------------|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Valores óptimos             |                   | > 50 % | 3 - 5 | 60-80 | 15-20 | <15 % |
| Perfil                      | Horizontes        |        |       |       |       |       |
| <b>Sistema Agroforestal</b> | <b>0 - 33</b>     | 100    | 1.7   | 90    | 6     | 2     |
|                             | <b>33 - 74</b>    | 100    | 1.0   | 93    | 3     | 3     |
|                             | <b>74 - 130</b>   | 100    | 1.2   | 86    | 5     | 8     |
|                             | <b>130 - 140x</b> | 100    | 2.0   | 73    | 9     | 16    |
| <b>Monocultivo de caña</b>  | <b>0 - 21</b>     | 45.39  | 5.3   | 22    | 5     | 13    |
|                             | <b>21 - 50x</b>   | 100    | 9.8   | 37    | 11    | 41    |

(\*)= %SB: Porcentaje de saturación de bases. %SK: Porcentaje de saturación de potasio. %SCa: Porcentaje de saturación de calcio. %SMg: Porcentaje de saturación de magnesio. %SNa: Porcentaje de saturación de sodio

Fuente: elaboración propia

Las pérdidas de nutrimentos del suelo del sistema de monocultivo de caña son evidentes. La cantidad de Calcio (Anexo 3) disminuye drásticamente de 5310 ppm en el suelo agroforestal a 200 ppm en el suelo del monocultivo de caña (en los primeros 20 cm de suelo). El Cuadro 11 muestra la disminución de disponibilidad de Ca, Mg y K de los suelos del monocultivo de caña y cuánto representa dicha disminución en t/ha de las formas químicas en las que estos elementos son aplicados al suelo.

**Cuadro 11.** Pérdida de nutrimentos del sistema de monocultivo de caña

| Elemento  | Pérdida (t/ha) | Equivalente             | t/ha |
|-----------|----------------|-------------------------|------|
| <b>Ca</b> | 17.78          | <b>CaCO<sub>3</sub></b> | 44.5 |
| <b>Mg</b> | 0.54           | <b>MgSO<sub>4</sub></b> | 2.7  |
| <b>K</b>  | 0.37           | <b>KCl</b>              | 0.77 |

Fuente: elaboración propia

Esto resultado de la pérdida de suelo que no se pudo estimar y de la baja CICE que afecta la retención de nutrientes, la falta de cobertura vegetal lo que permite mayor erosión hídrica y eólica y aumenta las pérdidas por lixiviación.

#### 4.4.4 Clasificación taxonómica de los suelos

**4.4.4.1 Suelos del sistema agroforestal** La descripción de los suelos del sistema agroforestal revela las características morfológicas que permiten clasificar este suelo taxonómicamente, el horizonte Ap es un epipedón melánico que cumple con las condiciones de un horizonte oscuro de 30 cm o más de espesor acumulativo ubicado en los primeros 40 cm. de suelo mineral que tiene además: más de 10 % de materia orgánica. (Cuadro 7).

Esto permite clasificar los suelos dentro del orden de los andosoles, suelos minerales que presentan propiedades ándicas con un espesor acumulativo de 35 cm. o más, dentro de los primeros 60 cm. de suelo mineral. El suborden del trópico, gran grupo determinado por el régimen de humedad perhúdic y régimen de temperatura isotérmico y el subgrupo Pachic, por tener más del 6 % de MO en los primeros 60 cm. del suelo, terminando así con la clasificación completa: **Pachic melanudand**, familia franca fina, serie peña blanca I.

Según la aptitud de uso de este suelo, puede ser clasificado como CLASE IIt, ya que la única limitante que presenta para el desarrollo de actividades agrícolas o forestales es la pendiente ligeramente inclinada que lo hace más susceptible a erosión.

**4.4.4.1 Suelos del monocultivo-caña.** Al igual que los suelos agroforestales el horizonte superficial Ap es un epipedón melánico (Cuadro 8). El orden está dentro de los andosoles, suborden del trópico, el gran grupo está determinado por el régimen de humedad perhúdic y régimen de temperatura isotérmico y el subgrupo Lithic, ya que a los 21 cm. se encuentra un horizonte Cr. Se termina así con la clasificación completa: **Lithic melanudand**, familia franca fina, serie peña blanca II.



Según la aptitud de uso de este suelo, puede ser clasificado como CLASE IV pst, con la principal limitante de la profundidad efectiva ya que el material rocoso en descomposición aparece a los 21 cm además de la limitante de porcentaje de sodio, ya que ésta se convierte en tóxica a los 21 cm de profundidad, con un porcentaje de saturación de 40 %.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 CRECIMIENTO DE LAS ESPECIES MADERABLES

El crecimiento de las especies maderables depende de la adaptación de las mismas a la zona en que se encuentren. Factores como prácticas de manejo, calidad de fuste, mejoramiento genético y domesticación influyen en los patrones de crecimiento y desarrollo de las diferentes especies.

En la Finca Marisol las especies que presentan mejor calidad de fuste son aquellas que genéticamente presentan esta característica, ya que ninguna de ellas ha sido domesticada ni mejorada para este fin. Estas especies son: *Magnolia yoroconte*, *Cojoba arborea*, *Cordia megalantha*, *Cordia alliodora*, *Guarea grandifolia*, *Juglans olanchana* y *Hyeronima alchorneoides*.

Especies como: *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis*, *Swietenia macrophylla* y *Dalbergia glomerata* presentan un fuste bifurcado a muy baja altura limitando con ello su aprovechamiento comercial y afectando su manejabilidad en el aserrío.

Este tipo de especies en un bosque natural presentan fustes elongados y copas altas debido a la competencia lumínica que generan otras especies a su alrededor. Para mantener estas características los árboles candidatos deben ser utilizados para la recolección de semillas y posterior mejoramiento genético. Además se debe dar una domesticación de estas especies a través de prácticas silvícolas, ya que bajo un sistema agroforestal tienden a ramificarse. El potencial de generación de madera de estas especies es alto, pero sin el manejo antes mencionado los rendimientos serán bajos.

### 5.2 CALIDAD MADERERA DEL SISTEMA GROFORESTAL

De las 18 especies de interés forestal encontradas en la finca, 7 sobresalen por la calidad de su madera, éstas son: *Guarea grandifolia*, *Swietenia macrophylla*, *Cojoba arborea*, *Dalbergia glomerata*, *Juglans olanchana*, *Magnolia yoroconte* y *Hyeronima alchorneoides*. Estas especies garantizan la calidad de madera bajo las condiciones climáticas de la zona de vida de un bosque muy húmedo subtropical.

Es necesario evaluar la calidad de madera como la *Swietenia humilis* en un ecosistema de bmh-S, en la ausencia de un período de sequía de su zona de origen

Para evaluar la calidad de la madera es necesario tomar en cuenta sus características físico-mecánicas y por lo tanto hacer análisis de dichas características para todas las especies maderables de la finca.

### **5.3 SUELOS DEL SISTEMA AGROFORESTAL**

Los suelos del sistema agroforestal presentan una profundidad efectiva más alta que los suelos del monocultivo de caña de azúcar, con características físicas superiores y condiciones químicas que favorecen el desarrollo de las plantas.

Estas mejores condiciones se deben principalmente a los beneficios de los árboles en el suelo, resultado del constante aporte de materia orgánica gracias a la cantidad de hojarasca depositada. Esta hojarasca se incorpora al suelo mediante procesos de descomposición que realiza la biota del suelo simulando el ciclaje de nutrientes de los bosques naturales y por último protegiéndolo del efecto del agua y el viento.

El sistema agroforestal permite mantener gran parte de la biomasa generada por los cultivos y las especies maderables, al extraer sólo los granos de café dejando que el material vegetativo sobrante se incorpore de nuevo al suelo, mientras que en un monocultivo como el de caña de azúcar esta biomasa es extraída y no es reemplazada, lo que provoca la necesidad de aplicar fertilizantes químicos creando una dependencia del sistema a estas contribuciones externas.

El sistema agroforestal mantiene las características de alta fertilidad de estos suelos lo que genera condiciones para el mejor aprovechamiento de los nutrientes por las plantas al tener una CICE alta dada por un pH adecuado y un alto porcentaje de materia orgánica. Todas estas condiciones reducen la pérdida de los nutrientes del sistema en comparación con un sistema de monocultivo como el de caña de azúcar, en el cual las pérdidas de nutrientes están dadas por erosión hídrica y eólica, baja capacidad de retención de nutrientes y en este caso específico por lixiviación.

Sin embargo estos suelos han construido su estructura y preservado sus características a lo largo del tiempo bajo condiciones naturales. La intervención del sistema por cultivos causaría grandes cambios detectables a través del tipo de estructura, resistencia a la penetración y alteración de las condiciones químicas naturales del suelo. Sin contar con el proceso de erosión.

Cabe anotar que hay una gran diferencia entre las propiedades físicas de los suelos bajo los dos sistemas. El monocultivo de caña evidencia grandes transformaciones del suelo como cambios del tipo de estructura, de granular a bloques subangulares; consistencia en húmedo, de friable a firme y resistencia a la penetración en los primeros 30 cm de 0.25 a 1.375 Kg/cm<sup>2</sup> que demuestran la degradación del suelo por efectos de la intervención de sistemas de cultivo intensivo. La profundidad efectiva del suelo a pesar de ser terrenos colindantes fue uniforme en cada caso: muy profundo (> 140 cm) en el sistema

agroforestal y muy poco profundo ( $< 50$  cm) en el sistema de monocultivo de caña, bajo la misma topografía, lo cual genera grandes dudas acerca de la razón por la cual disminuye la capacidad efectiva dejando casi al descubierto la roca, posiblemente resultado de una alta tasa reerosión.

Las propiedades químicas y las condiciones nutricionales del suelo también se ven fuertemente afectadas. Esto puede demostrarse observando las cantidades de macro y microelementos disponibles para cada tipo de suelo (Anexo 3). El caso específico del Calcio sobresale por una pérdida de 17.78 t/ha, estas pérdidas podrían disminuirse con prácticas de conservación de suelo.

La producción agrícola intensiva sin prácticas de conservación del suelo degrada sus características físicas y químicas. Promover este tipo de sistemas de producción lleva a la pérdida del potencial de áreas de alta productividad convirtiéndolas en insostenibles.

## 6. CONCLUSIONES

Los suelos del sistema agroforestal demuestran uno de los beneficios de árboles con actividades agrícolas. El suelo de la Finca Marisol, con mejores condiciones físicas y nutricionales que un sistema de monocultivo, asemeja el ciclaje de nutrientes existente en los bosques prístinos, demostrando que los sistemas agroforestales son la mejor opción después de los bosques naturales desde el punto de vista ambiental y de sostenibilidad de recursos.

Los dos sistemas agroforestales encontrados en la finca, árboles en asociación con cultivos perennes y huerto casero mixto, forman un sistema agroforestal multiestrato en el que se combinan árboles maderables de diferentes edades y especies con cultivos agrícolas como café, aguacate y cítricos, dentro de un ecosistema de bosque muy húmedo subtropical.

Por el factor forma, el poco mejoramiento genético y la falta de manejo silvícola que se le ha dado a las especies maderables nativas, éstas tienen patrones de crecimiento no domesticados que dificultan su aprovechamiento y manipulación en la industria maderera, como en el caso de: *Cedrela odorata*, *Swietenia humilis*, *Swietenia macrophylla* y *Dalbergia glomerata*, las cuales podrían producir mejores resultados si no presentaran bifurcaciones, permitiendo así cuantificar un mayor volumen comercial debido a fustes más rectos.

Especies con los mejores resultados de rendimiento como *Hyeronima alchorneoides*, *Juglans olanchana*, *Callophyllum brasiliense* presentan características de fuste elongado y calidad de madera que las convierten en especies atractivas para el asocio en sistemas agroforestales para los ecosistemas de bmh-S.

El origen volcánico de estos suelos se demuestra en su alta fertilidad y su baja densidad, clasificándolo dentro del orden de los Andosoles, con los nombres taxonómicos **Pachic melanudand** familia franca, serie peña blanca I y **Lithic melanudand** familia franca, serie peña blanca II; clase agrológica II<sub>t</sub> y IV<sub>pst</sub> para los suelos del sistema agroforestal y del monocultivo de caña, respectivamente.

La hojarasca producida por los árboles y el tipo de manejo influyen positivamente en las características físicas del suelo, aumentando materia orgánica, la cual evita la erosión, mantiene la profundidad efectiva del suelo, mejora la estructura y con ello la capacidad de penetración de raíces, ya que mejora las condiciones biofísicas para la actividad de la biota del suelo.

La cantidad total de nutrimentos es muy diferente entre el sistema agroforestal y el monocultivo de caña de azúcar, mostrando éste último, pérdidas por la intervención del suelo. El balance nutricional es mayor en los suelos del sistema de monocultivo de caña, sin embargo estos resultados son consecuencia de la pobreza nutricional de estos suelos.

Aun cuando un sistema agroforestal asemeja el ciclaje de nutrimentos de los bosques naturales, se encuentran problemas entre los porcentajes de diferentes nutrimentos afectando sinergias y antagonismos lo que tiene un efecto sobre la productividad de todos los componentes del sistema.

## **7. RECOMENDACIONES**

Realizar estudios de cuantificación del aporte de materia orgánica por la hojarasca y de la composición química de la misma producida por el sistema agroforestal, logrando especificar el aporte nutrimental de las diferentes especies maderables, obteniendo las especies de mayor y mejor aporte nutrimental a los suelos y así promover el uso de las especies con mayores beneficios.

Evaluar los ingresos que se ha tenido en la finca agroforestal desde su establecimiento y compararlo con algún sistema agrícola convencional, mediante un flujo de caja que tome en cuenta externalidades, obteniendo los beneficios financieros y económicos de cada sistema y determinando cual es el que otorga mayores beneficios.

Promover la utilización de sistemas agroforestales en suelos muy susceptibles a la erosión hídrica y eólica, divulgando los beneficios ambientales, como el incremento de la capacidad productiva de los suelos, aumento de la actividad biótica, y la reducción del riesgo por la diversificación de cultivos. La promoción de estos sistemas puede realizarse mediante capacitaciones, fincas y parcelas demostrativas dirigidas a productores agropecuarios en las zonas rurales, que les permitan conocer las técnicas adecuadas para el uso y mantenimiento de especies arbóreas en combinación con sus actividades productivas, y de esta manera lograr la adopción cada vez mayor de diferentes tipos de sistemas agroforestales y con ello la conservación de recursos y al mismo tiempo la disminución del riesgo de los productores.

Difundir las virtudes ecológicas y el potencial silvícola que presentan las especies maderables nativas, a nivel del sector rural agroforestal hondureño, promoviendo prácticas de manejo y tecnologías de mayor productividad, mediante publicaciones y manuales de uso que lleguen a los productores a través alianzas con las diferentes asociaciones de pequeños agricultores, agencias promotoras de desarrollo y las municipalidades, como medio para transmitir conocimiento.

Hacer programas de fertilización y estudios para determinar la eficiencia de la biota del suelo utilizando recursos disponibles de la zona mediante alianzas con universidades, escuelas agrícolas y otras entidades con capacidades para realizar los estudios, a través de proyectos estudiantiles, de manera que se reduzcan los costos para el productor y se logre mejorar el balance entre elementos, corrigiendo las deficiencias de potasio y magnesio, para el sistema agroforestal y monocultivo de caña respectivamente y conocer otros beneficios de la hojarasca en la incorporación de nutrimentos y en la eficiencia de la biota del suelo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. AFE/COHDEFOR. 1997. Guías técnicas y análisis económico financiero de los cultivos y sistemas agroforestales de producción para zona de ladera del trópico húmedo de Honduras. La Ceiba, Honduras.
2. AFE/COHDEFOR. 2000. Lista de los Cultivos y Sistemas Agroforestales. Honduras.
3. Agudelo, N. 2002. Notas para el curso de Sistemas de Producción Agroforestal. E.A.P. Zamorano. Honduras. 38 p.
4. Arévalo, G. 2004. Notas para el curso de Ciencia de Suelos y Agua. E.A.P. Zamorano. Honduras.
5. Arévalo, G. 2005. Notas para el curso de Manejo de Suelos y Nutrición Vegetal. E.A.P. Zamorano. Honduras.
6. Arévalo, G. y Gauggel, C. 2006. Manual de Laboratorio de campo. Curso de Suelos y Nutrición Vegetal. E.A.P. Zamorano. Honduras. 61 p.
7. Arévalo, L. 1998. Definición y Clasificación de Sistemas Agroforestales. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF) (en línea). Consultado el 11 de mayo de 2006. Disponible en: <http://216.239.51.104/search?q=cache:jELMb1z2kUEJ:www.fao.org/ag/agl/agll/rla128/INIA/iniai4/iniai402.ht+ciclaje+de+nutrimentos+agroforestal+&hl=es&gl=hn&ct=clnk&cd=2>
8. Erickson, N. 1994. Manual de Laboratorio de Introducción a Suelos. La materia orgánica del suelo. E.A.P. Zamorano. Honduras. 70 p.
9. Gómez, M. y Preston, T.R. 1996. Ciclaje de nutrimentos en un banco de proteína de matarratón (*Gliricidia sepium*). Fundación CIPAV. (en línea). Consultado el 10 de mayo de 2006. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd8/1/gomez>.
10. Jiménez, F. y Vargas A. 1998. Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales. CATIE y GTZ. Costa Rica. 360 p.
11. Osorio, V. 2004. Descomposición y liberación de nitrógeno de material foliar y radicular de siete sps. de café. Tesis M.Sc. Turrialba, C. R. CATIE. 89 p.



12. Sánchez, C. y Palm, A. 1996. Reciclaje de nutrientes y agrosilvicultura en África. (en línea). Consultado el 11 de mayo de 2006. Disponible en: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/w0312s/w0312s06.ht](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/w0312s/w0312s06.ht)
13. Plaster, E. 1997. La Ciencia del Suelo y su Manejo. Paraninfo. México. 385 p.
14. PNUMA. Agencia Europea del Medio Ambiente. 2002. Con los pies en la Tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa. (en línea). Roma. Consultado el 13 de febrero del 2003. Disponible en: [http://reports.eea.eu.int/Environmental\\_issue\\_series\\_16/es/Spanish%20soil%20for%20the%20www.pdf](http://reports.eea.eu.int/Environmental_issue_series_16/es/Spanish%20soil%20for%20the%20www.pdf)
15. PROECEN. 2003. Guías Silvoculturales de 23 Especies Forestales del Bosque Húmeo de Honduras. ESNACIFOR/PROECEN. Comayagua, Honduras. 261 p.
16. USDA. 1998. Keys to Soil Taxonomy. USA. Eighth Edition. 328 p.
17. Young, A. 1989. Agroforestry for Soil Management. Second Edition. Oxon, United Kingdom. CAB Internacional. 276 p.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Variables dasométricas por individuo

| VARIABLES DASOMÉTRICAS POR INDIVIDUO |                              |          |                       |         |         |         |
|--------------------------------------|------------------------------|----------|-----------------------|---------|---------|---------|
| No.                                  | Especie                      | DAP (cm) | Longitud de fuste (m) | Db (cm) | Dc (cm) | Smalian |
| 1                                    | <i>Virola koschnyi</i>       | 16.23    | 6.2                   | 23.87   | 10      | 0.16    |
| 2                                    | <i>Virola koschnyi</i>       | 15.12    | 8.7                   | 20.37   | 10      | 0.18    |
| 3                                    | <i>Virola koschnyi</i>       | 16.71    | 4.82                  | 18.59   | 10      | 0.08    |
| 4                                    | <i>Cedrela odorata</i>       | 20.69    | 2.3                   | 26.74   | 18      | 0.09    |
| 5                                    | <i>Swietenia macrophylla</i> | 12.73    | 3.65                  | 18.14   | 8       | 0.06    |
| 6                                    | <i>Swietenia humilis</i>     | 10.50    | 2.88                  | 15.28   | 9       | 0.04    |
| 7                                    | <i>Cedrela odorata</i>       | 25.46    | 4.3                   | 34.06   | 22      | 0.28    |
| 8                                    | <i>Virola koschnyi</i>       | 24.19    | 10                    | 35.33   | 10      | 0.53    |
| 9                                    | <i>Virola koschnyi</i>       | 29.92    | 10.87                 | 40.74   | 10      | 0.75    |
| 10                                   | <i>Virola koschnyi</i>       | 21.01    | 8.55                  | 29.28   | 10      | 0.32    |
| 11                                   | <i>Virola koschnyi</i>       | 23.71    | 9.95                  | 32.15   | 10      | 0.44    |
| 12                                   | <i>Tabebuia rosea</i>        | 22.92    | 4.6                   | 34.06   | 18.5    | 0.27    |
| 13                                   | <i>Cedrela odorata</i>       | 20.37    | 4.97                  | 27.69   | 15      | 0.19    |
| 14                                   | <i>Swietenia macrophylla</i> | 21.96    | 3.63                  | 30.24   | 20      | 0.19    |
| 15                                   | <i>Swietenia macrophylla</i> | 19.74    | 5.1                   | 24.19   | 16      | 0.17    |
| 16                                   | <i>Virola koschnyi</i>       | 20.37    | 8.34                  | 28.65   | 10      | 0.30    |
| 17                                   | <i>Virola koschnyi</i>       | 23.40    | 9.7                   | 32.31   | 10      | 0.44    |
| 18                                   | <i>Virola koschnyi</i>       | 24.51    | 9.9                   | 33.58   | 10      | 0.48    |
| 19                                   | <i>Swietenia macrophylla</i> | 10.19    | 3.78                  | 15.12   | 6       | 0.04    |
| 20                                   | <i>Swietenia humilis</i>     | 11.14    | 4.52                  | 19.74   | 8       | 0.08    |
| 21                                   | <i>Swietenia macrophylla</i> | 11.46    | 3.45                  | 31.51   | 10      | 0.15    |
| 22                                   | <i>Swietenia macrophylla</i> | 16.87    | 3.87                  | 24.03   | 13      | 0.11    |
| 23                                   | <i>Guarea grandifolia</i>    | 20.37    | 4.33                  | 28.33   | 18      | 0.19    |
| 24                                   | <i>Terminalia amazonia</i>   | 11.14    | 6.4                   | 13.37   | 8       | 0.06    |
| 25                                   | <i>Terminalia amazonia</i>   | 17.51    | 4.5                   | 21.01   | 16      | 0.12    |
| 26                                   | <i>Terminalia amazonia</i>   | 11.62    | 4.9                   | 15.60   | 9       | 0.06    |
| 27                                   | <i>Terminalia amazonia</i>   | 14.48    | 5.15                  | 20.37   | 10      | 0.10    |
| 28                                   | <i>Terminalia amazonia</i>   | 13.05    | 3.07                  | 17.03   | 15      | 0.06    |
| 29                                   | <i>Terminalia amazonia</i>   | 15.92    | 4.7                   | 22.28   | 15      | 0.13    |
| 30                                   | <i>Guarea grandifolia</i>    | 13.37    | 4.07                  | 22.60   | 12      | 0.10    |
| 31                                   | <i>Guarea grandifolia</i>    | 20.69    | 7.1                   | 28.97   | 16      | 0.31    |
| 32                                   | <i>Tectona grandis</i>       | 26.74    | 4.08                  | 38.36   | 24      | 0.33    |
| 33                                   | <i>Guarea grandifolia</i>    | 19.74    | 8.63                  | 24.99   | 12      | 0.26    |
| 34                                   | <i>Khaya senegalensis</i>    | 17.57    | 3.74                  | 24.83   | 16      | 0.13    |
| 35                                   | <i>Swietenia humilis</i>     | 13.53    | 2.85                  | 20.37   | 11      | 0.06    |
| 36                                   | <i>Guarea grandifolia</i>    | 12.25    | 2.3                   | 19.42   | 11      | 0.04    |

|    |                                 |       |      |       |      |      |
|----|---------------------------------|-------|------|-------|------|------|
| 37 | <i>Khaya senegalensis</i>       | 19.58 | 4    | 25.46 | 20   | 0.16 |
| 38 | <i>Swietenia macrophylla</i>    | 12.73 | 3.55 | 19.26 | 12.5 | 0.07 |
| 39 | <i>Tectona grandis</i>          | 15.92 | 6.4  | 23.71 | 10   | 0.17 |
| 40 | <i>Tectona grandis</i>          | 14.16 | 5.3  | 19.58 | 10   | 0.10 |
| 41 | <i>Swietenia humilis</i>        | 12.41 | 4    | 19.10 | 9    | 0.07 |
| 42 | <i>Tabebuia rosea</i>           | 17.35 | 5.8  | 23.24 | 15   | 0.17 |
| 43 | <i>Tabebuia rosea</i>           | 29.28 | 2.2  | 35.01 | 28.0 | 0.17 |
| 44 | <i>Terminalia amazonia</i>      | 20.21 | 6.3  | 26.10 | 18   | 0.25 |
| 45 | <i>Cordia alliodora</i>         | 24.99 | 8.82 | 28.97 | 20   | 0.43 |
| 46 | <i>Cordia alliodora</i>         | 21.65 | 5.6  | 24.83 | 18   | 0.21 |
| 47 | <i>Magnolia yoroconte</i>       | 22.28 | 5.6  | 27.06 | 15   | 0.21 |
| 48 | <i>Cordia mealantha</i>         | 15.44 | 7.9  | 21.80 | 10   | 0.18 |
| 49 | <i>Cordia mealantha</i>         | 18.14 | 4.9  | 21.65 | 16   | 0.14 |
| 50 | <i>Dalbergia glomerata</i>      | 18.14 | 2.15 | 25.46 | 17.0 | 0.08 |
| 51 | <i>Tectona grandis</i>          | 15.44 | 7.3  | 24.35 | 8    | 0.19 |
| 52 | <i>Guarea grandifolia</i>       | 17.83 | 7.32 | 23.55 | 13   | 0.21 |
| 53 | <i>Callophyllum brasiliense</i> | 17.83 | 7    | 28.01 | 10   | 0.24 |
| 54 | <i>Tectona grandis</i>          | 20.05 | 3.38 | 28.01 | 20   | 0.16 |
| 55 | <i>Khaya senegalensis</i>       | 14.48 | 4.1  | 19.10 | 12   | 0.08 |
| 56 | <i>Tectona grandis</i>          | 17.35 | 6.7  | 22.28 | 10   | 0.16 |
| 57 | <i>Callophyllum brasiliense</i> | 17.19 | 4.45 | 24.35 | 13   | 0.13 |
| 58 | <i>Swietenia humilis</i>        | 12.41 | 5.12 | 17.98 | 8.5  | 0.08 |
| 59 | <i>Tabebuia rosea</i>           | 31.83 | 3.31 | 39.79 | 28   | 0.31 |
| 60 | <i>Tectona grandis</i>          | 10.66 | 2.8  | 16.55 | 8    | 0.04 |
| 61 | <i>Cordia megalantha</i>        | 22.60 | 5.8  | 28.33 | 16   | 0.24 |
| 62 | <i>Dalbergia glomerata</i>      | 17.51 | 3.55 | 23.24 | 14   | 0.10 |
| 63 | <i>Cedrela odorata</i>          | 50.93 | 4.6  | 59.21 | 42.5 | 0.96 |
| 64 | <i>Cordia mealantha</i>         | 14.32 | 4.9  | 20.05 | 10   | 0.10 |
| 65 | <i>Callophyllum brasiliense</i> | 22.44 | 2.65 | 31.83 | 18.5 | 0.14 |
| 66 | <i>Dalbergia glomerata</i>      | 16.71 | 2.8  | 23.55 | 15   | 0.09 |
| 67 | <i>Cedrela odorata</i>          | 22.92 | 2.73 | 32.79 | 22   | 0.17 |
| 68 | <i>Tectona grandis</i>          | 18.14 | 6.6  | 26.10 | 10   | 0.20 |
| 69 | <i>Cordia megalantha</i>        | 30.56 | 6.04 | 39.79 | 23   | 0.50 |
| 70 | <i>Magnolia yoroconte</i>       | 21.65 | 8.35 | 29.76 | 10   | 0.32 |
| 71 | <i>Magnolia yoroconte</i>       | 19.10 | 8.4  | 25.78 | 10   | 0.25 |
| 72 | <i>Terminalia amazonia</i>      | 20.05 | 7.8  | 26.58 | 10   | 0.25 |
| 73 | <i>Cordia megalantha</i>        | 25.46 | 8    | 31.83 | 18   | 0.42 |
| 74 | <i>Magnolia yoroconte</i>       | 23.87 | 9    | 29.28 | 10   | 0.34 |
| 75 | <i>Terminalia amazonia</i>      | 21.80 | 4.06 | 29.44 | 10   | 0.15 |
| 76 | <i>Callophyllum brasiliense</i> | 20.53 | 7.37 | 27.69 | 10   | 0.25 |
| 77 | <i>Magnolia yoroconte</i>       | 15.44 | 7.3  | 19.89 | 10   | 0.14 |
| 78 | <i>Cordia alliodora</i>         | 25.46 | 5.3  | 35.01 | 23   | 0.37 |
| 79 | <i>Tectona grandis</i>          | 16.71 | 2.6  | 22.60 | 15   | 0.08 |
| 80 | <i>Guarea grandifolia</i>       | 16.07 | 5.13 | 23.24 | 12.5 | 0.14 |
| 81 | <i>Cedrela odorata</i>          | 12.41 | 3.65 | 17.19 | 10   | 0.06 |
| 82 | <i>Dalbergia glomerata</i>      | 17.19 | 4.55 | 23.55 | 16   | 0.14 |
| 83 | <i>Tectona grandis</i>          | 21.01 | 6.3  | 29.28 | 10   | 0.24 |
| 84 | <i>Cordia alliodora</i>         | 20.37 | 5.2  | 24.51 | 10   | 0.14 |
| 85 | <i>Cordia mealantha</i>         | 28.01 | 2.5  | 34.70 | 27.4 | 0.19 |
| 86 | <i>Terminalia amazonia</i>      | 12.10 | 4    | 16.23 | 10   | 0.06 |

|     |                                |       |       |       |      |      |
|-----|--------------------------------|-------|-------|-------|------|------|
| 87  | <i>Cordia mealantha</i>        | 21.65 | 2.05  | 26.10 | 21.3 | 0.09 |
| 88  | <i>Cordia mealantha</i>        | 20.69 | 4.9   | 22.60 | 18.5 | 0.16 |
| 89  | <i>Guarea grandifolia</i>      | 15.92 | 3.6   | 22.28 | 15   | 0.10 |
| 90  | <i>Cedrela odorata</i>         | 42.34 | 5.5   | 53.16 | 36   | 0.89 |
| 91  | <i>Cedrela odorata</i>         | 27.37 | 3.3   | 30.88 | 25   | 0.20 |
| 92  | <i>Tectona grandis</i>         | 15.60 | 5.5   | 23.87 | 10   | 0.14 |
| 93  | <i>Vochysia guatemalensis</i>  | 32.79 | 7.23  | 42.97 | 20   | 0.64 |
| 94  | <i>Tectona grandis</i>         | 20.21 | 4.22  | 27.22 | 19   | 0.18 |
| 96  | <i>Tectona grandis</i>         | 14.32 | 3.8   | 20.37 | 13   | 0.09 |
| 97  | <i>Tectona grandis</i>         | 16.87 | 5.15  | 26.10 | 10   | 0.16 |
| 98  | <i>Tectona grandis</i>         | 14.96 | 5.6   | 22.60 | 10   | 0.13 |
| 99  | <i>Tectona grandis</i>         | 17.03 | 5.34  | 25.15 | 10   | 0.15 |
| 100 | <i>Tectona grandis</i>         | 12.57 | 3.74  | 19.26 | 10   | 0.07 |
| 101 | <i>Tectona grandis</i>         | 12.10 | 4.35  | 19.26 | 10   | 0.08 |
| 102 | <i>Tectona grandis</i>         | 14.48 | 5.11  | 21.33 | 10   | 0.11 |
| 103 | <i>Tectona grandis</i>         | 11.62 | 4.3   | 18.21 | 10   | 0.07 |
| 104 | <i>Tectona grandis</i>         | 14.96 | 5     | 21.65 | 10   | 0.11 |
| 105 | <i>Tectona grandis</i>         | 18.14 | 5.7   | 26.42 | 10   | 0.18 |
| 106 | <i>Vochysia guatemalensis</i>  | 24.67 | 3.85  | 33.74 | 22.5 | 0.25 |
| 107 | <i>Tectona grandis</i>         | 16.55 | 5.7   | 24.51 | 10   | 0.16 |
| 108 | <i>Vochysia guatemalensis</i>  | 22.28 | 7.65  | 28.33 | 10   | 0.27 |
| 109 | <i>Tectona grandis</i>         | 10.50 | 5     | 14.32 | 8    | 0.05 |
| 110 | <i>Tectona grandis</i>         | 14.48 | 5.6   | 19.58 | 10   | 0.11 |
| 111 | <i>Tectona grandis</i>         | 13.69 | 4.7   | 20.05 | 10   | 0.09 |
| 112 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 11.14 | 3.7   | 16.07 | 7.5  | 0.05 |
| 114 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 11.62 | 3.35  | 18.14 | 9    | 0.05 |
| 115 | <i>Tectona grandis</i>         | 21.01 | 5.13  | 29.92 | 17   | 0.24 |
| 116 | <i>Tectona grandis</i>         | 19.58 | 2.8   | 29.28 | 17.5 | 0.13 |
| 117 | <i>Dalbergia glomerata</i>     | 14.96 | 4.47  | 22.12 | 11   | 0.11 |
| 118 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 16.55 | 7.1   | 24.35 | 10   | 0.19 |
| 119 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 15.28 | 6.05  | 21.65 | 10   | 0.14 |
| 120 | <i>Tectona grandis</i>         | 15.28 | 7.03  | 24.83 | 10   | 0.20 |
| 121 | <i>Tectona grandis</i>         | 14.32 | 5.23  | 21.33 | 10   | 0.11 |
| 122 | <i>Vochysia guatemalensis</i>  | 23.24 | 2.43  | 28.65 | 20   | 0.12 |
| 123 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 21.33 | 9.49  | 29.92 | 10   | 0.37 |
| 124 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 24.19 | 6     | 30.56 | 16   | 0.28 |
| 125 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 13.37 | 7.1   | 18.78 | 10   | 0.13 |
| 126 | <i>Tectona grandis</i>         | 12.10 | 5.5   | 19.42 | 10   | 0.10 |
| 127 | <i>Tectona grandis</i>         | 16.55 | 3     | 25.46 | 15   | 0.10 |
| 128 | <i>Tectona grandis</i>         | 14.01 | 4.3   | 20.37 | 10   | 0.09 |
| 129 | <i>Tectona grandis</i>         | 13.37 | 4.9   | 18.94 | 10   | 0.09 |
| 130 | <i>Tectona grandis</i>         | 17.19 | 5.72  | 25.62 | 10   | 0.17 |
| 131 | <i>Tectona grandis</i>         | 16.87 | 5.3   | 24.19 | 10   | 0.14 |
| 132 | <i>Hyeronima alchorneoides</i> | 17.67 | 6.3   | 22.60 | 17   | 0.20 |
| 133 | <i>Cordia alliodora</i>        | 16.87 | 5.4   | 24.19 | 12   | 0.15 |
| 134 | <i>Cordia megalantha</i>       | 29.13 | 6.6   | 37.88 | 21   | 0.49 |
| 135 | <i>Hyeronima alchorneoides</i> | 17.51 | 4.3   | 22.92 | 12.5 | 0.12 |
| 136 | <i>Swietenia macrophylla</i>   | 10.03 | 3.85  | 15.12 | 7    | 0.04 |
| 137 | <i>Eucaliptus sp.</i>          | 30.88 | 12.24 | 35.33 | 10   | 0.65 |
| 138 | <i>Eucaliptus sp.</i>          | 18.46 | 10.9  | 22.60 | 10   | 0.26 |

|     |                              |       |      |       |      |      |
|-----|------------------------------|-------|------|-------|------|------|
| 139 | <i>Eucaliptus sp.</i>        | 18.14 | 9.5  | 21.96 | 10   | 0.22 |
| 140 | <i>Eucaliptus sp.</i>        | 14.16 | 7.03 | 17.35 | 10   | 0.11 |
| 141 | <i>Tectona grandis</i>       | 11.30 | 4.75 | 15.12 | 10   | 0.06 |
| 142 | <i>Tectona grandis</i>       | 18.30 | 8.4  | 23.08 | 10   | 0.21 |
| 143 | <i>Tectona grandis</i>       | 11.94 | 5.2  | 16.87 | 10   | 0.08 |
| 144 | <i>Tectona grandis</i>       | 15.92 | 8.6  | 23.40 | 10   | 0.22 |
| 145 | <i>Tectona grandis</i>       | 13.53 | 8.3  | 18.78 | 10   | 0.15 |
| 146 | <i>Tectona grandis</i>       | 16.71 | 6.74 | 24.19 | 10   | 0.18 |
| 147 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 11.46 | 4.3  | 14.96 | 10   | 0.05 |
| 148 | <i>Cedrela odorata</i>       | 38.83 | 9    | 41.38 | 30   | 0.92 |
| 149 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 11.14 | 5.5  | 16.07 | 6    | 0.06 |
| 150 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 16.87 | 4.3  | 23.87 | 13   | 0.12 |
| 151 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 14.96 | 4    | 21.65 | 12.5 | 0.10 |
| 152 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 11.46 | 4.2  | 16.23 | 9    | 0.06 |
| 153 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 11.65 | 3.25 | 16.39 | 9    | 0.04 |
| 154 | <i>Cedrela odorata</i>       | 49.34 | 2.34 | 54.11 | 43.5 | 0.44 |
| 155 | <i>Dalbergia glomerata</i>   | 11.46 | 3.4  | 15.60 | 10.5 | 0.05 |
| 156 | <i>Cedrela odorata</i>       | 38.52 | 3.7  | 42.34 | 36   | 0.45 |
| 157 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 11.78 | 3.4  | 17.51 | 9    | 0.05 |
| 158 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 20.85 | 3.4  | 29.76 | 16   | 0.15 |
| 159 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 13.85 | 4.05 | 19.42 | 12   | 0.08 |
| 160 | <i>Dalbergia glomerata</i>   | 16.87 | 3.51 | 23.87 | 15   | 0.11 |
| 161 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 12.73 | 4.37 | 17.51 | 10   | 0.07 |
| 162 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 14.80 | 3.37 | 21.01 | 11   | 0.07 |
| 164 | <i>Cordia megalantha</i>     | 28.49 | 4.75 | 37.40 | 22   | 0.35 |
| 165 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 17.51 | 7    | 24.03 | 10   | 0.19 |
| 166 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 14.32 | 3.22 | 21.96 | 10   | 0.07 |
| 167 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 10.82 | 4.25 | 17.19 | 7    | 0.06 |
| 168 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 14.64 | 4.4  | 22.60 | 9    | 0.10 |
| 169 | <i>Tapirira guianensis</i>   | 25.31 | 5.3  | 36.13 | 25   | 0.40 |
| 170 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 13.91 | 3.8  | 25.15 | 10   | 0.11 |
| 171 | <i>Tectona grandis</i>       | 17.51 | 7.1  | 26.42 | 10   | 0.22 |
| 172 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 15.92 | 3.73 | 23.65 | 10   | 0.10 |
| 173 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 19.26 | 3.4  | 24.19 | 17.5 | 0.12 |
| 174 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 10.19 | 5.3  | 14.64 | 8    | 0.06 |
| 175 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 10.50 | 4.35 | 16.55 | 9    | 0.06 |
| 176 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 13.85 | 4.25 | 19.42 | 10   | 0.08 |
| 177 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 14.32 | 3.4  | 21.17 | 12   | 0.08 |
| 178 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 11.78 | 3.82 | 19.10 | 10   | 0.07 |
| 179 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 11.78 | 4.45 | 17.19 | 10   | 0.07 |
| 180 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 13.37 | 3.39 | 21.01 | 12   | 0.08 |
| 181 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 18.30 | 2.65 | 26.74 | 17   | 0.10 |
| 182 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 13.21 | 3.39 | 17.83 | 11   | 0.06 |
| 183 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 12.10 | 2.45 | 17.67 | 12   | 0.04 |
| 184 | <i>Guarea grandifolia</i>    | 11.78 | 3.2  | 18.46 | 9    | 0.05 |
| 185 | <i>Tectona grandis</i>       | 17.83 | 3.35 | 25.46 | 15   | 0.11 |
| 186 | <i>Tectona grandis</i>       | 21.01 | 3.93 | 28.65 | 20   | 0.19 |
| 187 | <i>Tectona grandis</i>       | 12.41 | 5    | 17.83 | 10   | 0.08 |
| 188 | <i>Cordia alliodora</i>      | 28.17 | 3.3  | 39.47 | 25   | 0.28 |
| 189 | <i>Tectona grandis</i>       | 15.28 | 3.75 | 21.33 | 10   | 0.08 |

|     |                              |       |       |       |     |      |
|-----|------------------------------|-------|-------|-------|-----|------|
| 190 | <i>Cordia megalantha</i>     | 29.60 | 10.65 | 36.61 | 10  | 0.60 |
| 191 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 13.05 | 3.4   | 19.58 | 11  | 0.07 |
| 192 | <i>Khaya senegalensis</i>    | 12.89 | 3.2   | 20.05 | 11  | 0.07 |
| 193 | <i>Cordia megalantha</i>     | 15.76 | 5.35  | 21.33 | 10  | 0.12 |
| 194 | <i>Tectona grandis</i>       | 19.42 | 5.4   | 26.74 | 12  | 0.18 |
| 195 | <i>Tectona grandis</i>       | 25.78 | 4.75  | 31.83 | 20  | 0.26 |
| 196 | <i>Tectona grandis</i>       | 16.07 | 5.2   | 21.33 | 10  | 0.11 |
| 197 | <i>Cordia megalantha</i>     | 17.98 | 4     | 24.83 | 14  | 0.13 |
| 198 | <i>Cordia megalantha</i>     | 13.69 | 4.7   | 20.69 | 10  | 0.10 |
| 199 | <i>Dalbergia glomerata</i>   | 12.10 | 2.03  | 18.14 | 11  | 0.04 |
| 200 | <i>Dalbergia glomerata</i>   | 10.19 | 3.45  | 14.64 | 7.5 | 0.04 |
| 201 | <i>Cordia megalantha</i>     | 14.01 | 5.22  | 18.14 | 10  | 0.09 |
| 202 | <i>Cedrela odorata</i>       | 44.25 | 6.6   | 49.66 | 40  | 1.05 |
| 203 | <i>Cedrela odorata</i>       | 54.75 | 5.7   | 67.16 | 48  | 1.53 |
| 204 | <i>Tectona grandis</i>       | 16.87 | 6.1   | 21.33 | 10  | 0.13 |
| 205 | <i>Tectona grandis</i>       | 20.69 | 5.7   | 27.37 | 17  | 0.23 |
| 206 | <i>Tectona grandis</i>       | 24.83 | 7.13  | 31.51 | 10  | 0.31 |
| 207 | <i>Tectona grandis</i>       | 13.05 | 3.4   | 18.14 | 10  | 0.06 |
| 208 | <i>Tectona grandis</i>       | 15.76 | 4.5   | 21.01 | 10  | 0.10 |
| 209 | <i>Tectona grandis</i>       | 26.42 | 6.1   | 37.56 | 10  | 0.36 |
| 210 | <i>Tectona grandis</i>       | 25.15 | 2.76  | 35.33 | 10  | 0.15 |
| 211 | <i>Tapirira guianensis</i>   | 18.30 | 6     | 28.65 | 10  | 0.22 |
| 212 | <i>Dalbergia glomerata</i>   | 14.01 | 2.37  | 20.37 | 12  | 0.05 |
| 213 | <i>Swietenia humilis</i>     | 23.08 | 5.6   | 28.97 | 17  | 0.25 |
| 214 | <i>Tectona grandis</i>       | 13.37 | 4     | 20.05 | 10  | 0.08 |
| 215 | <i>Cojoba arborea</i>        | 14.96 | 4.3   | 20.05 | 10  | 0.08 |
| 216 | <i>Tectona grandis</i>       | 17.83 | 4.95  | 23.87 | 10  | 0.13 |
| 217 | <i>Tectona grandis</i>       | 14.32 | 3.7   | 20.69 | 10  | 0.08 |
| 218 | <i>Tectona grandis</i>       | 12.41 | 3.9   | 16.55 | 10  | 0.06 |
| 219 | <i>Tectona grandis</i>       | 25.78 | 3.65  | 34.70 | 17  | 0.21 |
| 220 | <i>Tectona grandis</i>       | 12.57 | 2.75  | 20.05 | 10  | 0.05 |
| 221 | <i>Cordia alliodora</i>      | 18.46 | 6.3   | 24.83 | 10  | 0.18 |
| 222 | <i>Cordia megalantha</i>     | 11.46 | 3.2   | 16.87 | 10  | 0.05 |
| 223 | <i>Cordia alliodora</i>      | 19.42 | 2.15  | 23.87 | 17  | 0.07 |
| 224 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 14.64 | 3.25  | 19.10 | 11  | 0.06 |
| 225 | <i>Huerteia cubensis</i>     | 21.96 | 2.31  | 27.06 | 18  | 0.10 |
| 226 | <i>Swietenia humilis</i>     | 50.93 | 4.2   | 60.48 | 45  | 0.94 |
| 227 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 17.19 | 3.85  | 19.74 | 10  | 0.07 |
| 228 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 12.41 | 3.72  | 18.14 | 10  | 0.06 |
| 229 | <i>Cojoba arborea</i>        | 14.64 | 3.5   | 19.74 | 10  | 0.07 |
| 230 | <i>Tectona grandis</i>       | 11.94 | 3.5   | 18.78 | 10  | 0.06 |
| 231 | <i>Tectona grandis</i>       | 10.82 | 3.4   | 17.19 | 9   | 0.05 |
| 232 | <i>Tectona grandis</i>       | 12.25 | 3.9   | 19.42 | 8   | 0.07 |
| 233 | <i>Tectona grandis</i>       | 12.76 | 2.8   | 17.03 | 11  | 0.05 |
| 234 | <i>Peltogune purpurea</i>    | 12.10 | 2.3   | 16.87 | 11  | 0.04 |
| 235 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 14.96 | 5.8   | 19.89 | 10  | 0.11 |
| 236 | <i>Peltogune purpurea</i>    | 13.05 | 2.8   | 17.51 | 12  | 0.05 |
| 237 | <i>Huerteia cubensis</i>     | 25.62 | 7.05  | 34.22 | 10  | 0.35 |
| 238 | <i>Huerteia cubensis</i>     | 25.31 | 7.4   | 31.99 | 10  | 0.33 |
| 239 | <i>Huerteia cubensis</i>     | 25.31 | 5.6   | 34.22 | 20  | 0.35 |

|     |                                  |       |      |       |       |      |
|-----|----------------------------------|-------|------|-------|-------|------|
| 240 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 23.24 | 7.5  | 28.65 | 10    | 0.27 |
| 241 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 21.80 | 8.35 | 28.49 | 10    | 0.30 |
| 242 | <i>Juglans olanchana</i>         | 26.58 | 5.8  | 35.33 | 20    | 0.38 |
| 243 | <i>Juglans olanchana</i>         | 16.39 | 6    | 21.49 | 10    | 0.13 |
| 244 | <i>Juglans olanchana</i>         | 33.74 | 3.8  | 50.29 | 32    | 0.53 |
| 245 | <i>Juglans olanchana</i>         | 20.05 | 7    | 32.47 | 10    | 0.32 |
| 246 | <i>Juglans olanchana</i>         | 28.81 | 6.55 | 35.33 | 25    | 0.48 |
| 247 | <i>Juglans olanchana</i>         | 25.62 | 8.35 | 32.47 | 10    | 0.38 |
| 248 | <i>Juglans olanchana</i>         | 29.28 | 8    | 47.43 | 18    | 0.81 |
| 249 | <i>Cojoba arborea</i>            | 14.96 | 2.95 | 20.05 | 10    | 0.06 |
| 250 | <i>Cojoba arborea</i>            | 22.60 | 5.6  | 29.28 | 10    | 0.21 |
| 251 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 14.32 | 4.1  | 20.37 | 10    | 0.08 |
| 252 | <i>Cordia alliodora</i>          | 26.74 | 7.92 | 32.47 | 10    | 0.36 |
| 253 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 16.23 | 5.54 | 21.65 | 10    | 0.12 |
| 254 | <i>Cordia alliodora</i>          | 19.10 | 8    | 26.74 | 10    | 0.26 |
| 255 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 16.55 | 2.44 | 24.19 | 15.00 | 0.08 |
| 256 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 17.51 | 3.15 | 22.60 | 16.00 | 0.09 |
| 257 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 21.80 | 2.9  | 29.60 | 19.00 | 0.14 |
| 258 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 17.19 | 2.6  | 23.87 | 16.00 | 0.08 |
| 259 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 16.55 | 2.92 | 25.46 | 14.00 | 0.10 |
| 260 | <i>Huetea cubensis</i>           | 26.58 | 7.15 | 33.58 | 10    | 0.34 |
| 261 | <i>Huetea cubensis</i>           | 25.31 | 2.2  | 30.40 | 24    | 0.13 |
| 262 | <i>Cordia alliodora</i>          | 17.03 | 6.3  | 22.44 | 10    | 0.15 |
| 263 | <i>Cordia alliodora</i>          | 18.46 | 6.7  | 22.92 | 10    | 0.16 |
| 264 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 22.12 | 3.8  | 30.56 | 22    | 0.21 |
| 265 | <i>Dalbergia glomerata</i>       | 20.21 | 2.5  | 25.15 | 17    | 0.09 |
| 266 | <i>Cordia megalantha</i>         | 17.83 | 4.9  | 22.92 | 12    | 0.13 |
| 267 | <i>Cordia alliodora</i>          | 23.87 | 9.22 | 29.28 | 10    | 0.35 |
| 269 | <i>Cordia megalantha</i>         | 20.37 | 7.8  | 27.85 | 10    | 0.27 |
| 270 | <i>Cordia megalantha</i>         | 38.99 | 9.9  | 44.56 | 30    | 1.12 |
| 271 | <i>Cordia megalantha</i>         | 27.53 | 6.37 | 32.69 | 15    | 0.32 |
| 272 | <i>Cordia alliodora</i>          | 21.33 | 7.2  | 29.60 | 10    | 0.28 |
| 273 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 19.10 | 7.2  | 26.10 | 10    | 0.22 |
| 274 | <i>Cordia alliodora</i>          | 26.74 | 6.56 | 32.47 | 17    | 0.35 |
| 275 | <i>Virola koschnyi</i>           | 28.65 | 8    | 33.10 | 10    | 0.38 |
| 276 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 14.48 | 4.75 | 20.69 | 10    | 0.10 |
| 277 | <i>Virola koschnyi</i>           | 35.01 | 9.8  | 42.34 | 10    | 0.73 |
| 278 | <i>Virola koschnyi</i>           | 26.42 | 8.35 | 34.38 | 10    | 0.42 |
| 279 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 13.37 | 5.75 | 19.42 | 8     | 0.10 |
| 280 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 20.37 | 7.7  | 30.24 | 10    | 0.31 |
| 281 | <i>Virola koschnyi</i>           | 25.15 | 8.3  | 33.10 | 10    | 0.39 |
| 282 | <i>Tectona grandis</i>           | 13.05 | 4.86 | 18.78 | 7     | 0.08 |
| 283 | <i>Swietenia humilis</i>         | 54.11 | 2.8  | 66.85 | 50    | 0.77 |
| 284 | <i>Swietenia humilis</i>         | 46.15 | 5.4  | 51.57 | 45    | 0.99 |
| 285 | <i>Swietenia humilis</i>         | 35.33 | 6.9  | 43.29 | 30    | 0.75 |
| 286 | <i>Swietenia humilis</i>         | 28.33 | 6.04 | 38.83 | 20    | 0.45 |
| 287 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 22.92 | 3.85 | 28.33 | 22    | 0.19 |
| 288 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 24.83 | 5.13 | 29.28 | 22    | 0.27 |
| 289 | <i>Swietenia humilis</i>         | 48.38 | 6.2  | 57.45 | 45    | 1.30 |
| 290 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 20.37 | 2.75 | 26.17 | 18    | 0.11 |

|     |                                  |       |       |       |     |      |
|-----|----------------------------------|-------|-------|-------|-----|------|
| 291 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 40.74 | 9     | 49.02 | 28  | 1.13 |
| 292 | <i>Hyeronima alchorneoides</i>   | 17.19 | 4.1   | 25.46 | 10  | 0.12 |
| 293 | <i>Hyeronima alchorneoides</i>   | 21.01 | 8.15  | 26.90 | 10  | 0.26 |
| 294 | <i>Hyeronima alchorneoides</i>   | 25.46 | 9     | 35.01 | 10  | 0.47 |
| 295 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 16.39 | 6.2   | 22.92 | 10  | 0.15 |
| 296 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 13.21 | 5.5   | 18.78 | 7   | 0.09 |
| 297 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 20.37 | 3.3   | 25.15 | 16  | 0.12 |
| 298 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 25.15 | 3.25  | 37.56 | 21  | 0.24 |
| 299 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 13.05 | 2.76  | 20.69 | 12  | 0.06 |
| 300 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 21.01 | 4     | 26.10 | 19  | 0.16 |
| 301 | <i>Tectona grandis</i>           | 18.30 | 5.87  | 25.78 | 10  | 0.18 |
| 302 | <i>Tectona grandis</i>           | 21.96 | 4.46  | 28.65 | 10  | 0.16 |
| 303 | <i>Tectona grandis</i>           | 14.32 | 5     | 21.01 | 10  | 0.11 |
| 304 | <i>Tectona grandis</i>           | 17.19 | 6.07  | 24.19 | 10  | 0.16 |
| 305 | <i>Tectona grandis</i>           | 13.69 | 3.7   | 19.74 | 10  | 0.07 |
| 306 | <i>Tectona grandis</i>           | 13.05 | 3.07  | 18.78 | 10  | 0.05 |
| 307 | <i>Tectona grandis</i>           | 20.37 | 4.42  | 28.33 | 10  | 0.16 |
| 308 | <i>Tectona grandis</i>           | 17.83 | 4.9   | 25.46 | 10  | 0.14 |
| 309 | <i>Tectona grandis</i>           | 21.01 | 5.5   | 29.28 | 10  | 0.21 |
| 310 | <i>Tectona grandis</i>           | 16.23 | 5.4   | 23.55 | 10  | 0.14 |
| 311 | <i>Tectona grandis</i>           | 21.65 | 2.1   | 29.92 | 20  | 0.11 |
| 312 | <i>Tectona grandis</i>           | 28.49 | 3.15  | 38.20 | 8.5 | 0.19 |
| 313 | <i>Tectona grandis</i>           | 20.69 | 5.8   | 29.28 | 10  | 0.22 |
| 314 | <i>Tectona grandis</i>           | 16.55 | 5.95  | 22.60 | 10  | 0.14 |
| 315 | <i>Tectona grandis</i>           | 16.39 | 5.72  | 23.24 | 10  | 0.14 |
| 316 | <i>Tectona grandis</i>           | 13.37 | 4.45  | 20.37 | 8   | 0.08 |
| 317 | <i>Tectona grandis</i>           | 22.92 | 4.6   | 34.06 | 20  | 0.28 |
| 318 | <i>Tectona grandis</i>           | 14.32 | 5     | 21.96 | 10  | 0.11 |
| 319 | <i>Tectona grandis</i>           | 14.01 | 5.5   | 23.24 | 10  | 0.14 |
| 320 | <i>Tectona grandis</i>           | 22.28 | 6.8   | 31.04 | 10  | 0.28 |
| 321 | <i>Tectona grandis</i>           | 16.87 | 5.8   | 25.94 | 10  | 0.18 |
| 322 | <i>Tectona grandis</i>           | 16.39 | 6.1   | 22.92 | 10  | 0.15 |
| 323 | <i>Tectona grandis</i>           | 22.28 | 8.2   | 33.10 | 10  | 0.39 |
| 324 | <i>Tectona grandis</i>           | 19.74 | 2.8   | 30.88 | 16  | 0.13 |
| 325 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 30.08 | 6.6   | 36.61 | 28  | 0.55 |
| 326 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 22.60 | 4.1   | 30.08 | 20  | 0.21 |
| 327 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 26.74 | 11.3  | 36.29 | 10  | 0.63 |
| 328 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 29.92 | 9.2   | 39.47 | 10  | 0.60 |
| 329 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 26.74 | 10    | 38.52 | 10  | 0.62 |
| 330 | <i>Acrocarpus fracxinifolios</i> | 27.37 | 10.92 | 38.83 | 10  | 0.69 |
| 331 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 17.67 | 7.8   | 26.42 | 10  | 0.24 |
| 332 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 22.28 | 8.75  | 28.97 | 10  | 0.32 |
| 333 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 16.71 | 7.27  | 22.92 | 10  | 0.18 |
| 334 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 17.19 | 7.5   | 24.19 | 10  | 0.20 |
| 335 | <i>Swietenia macrophylla</i>     | 13.69 | 3.7   | 20.85 | 8   | 0.07 |
| 336 | <i>Magnolia yoroconte</i>        | 21.80 | 7.7   | 28.33 | 10  | 0.27 |
| 337 | <i>Canarium ovatum</i>           | 28.17 | 6.9   | 32.47 | 22  | 0.42 |
| 338 | <i>Canarium ovatum</i>           | 26.10 | 5.4   | 31.83 | 24  | 0.34 |
| 339 | <i>Canarium ovatum</i>           | 26.74 | 7.2   | 33.10 | 10  | 0.34 |
| 340 | <i>Canarium ovatum</i>           | 31.19 | 3.4   | 38.20 | 25  | 0.28 |



|     |                              |       |      |       |                 |              |
|-----|------------------------------|-------|------|-------|-----------------|--------------|
| 341 | <i>Canarium ovatum</i>       | 27.37 | 4.1  | 37.56 | 20              | 0.29         |
| 342 | <i>Canarium ovatum</i>       | 39.47 | 2.9  | 48.38 | 25              | 0.34         |
| 343 | <i>Canarium ovatum</i>       | 31.04 | 3.2  | 38.52 | 28              | 0.28         |
| 344 | <i>Canarium ovatum</i>       | 44.88 | 2.4  | 57.93 | 38              | 0.45         |
| 345 | <i>Canarium ovatum</i>       | 30.56 | 3.3  | 38.20 | 28              | 0.29         |
| 346 | <i>Canarium ovatum</i>       | 30.24 | 3.2  | 37.88 | 28              | 0.28         |
| 347 | <i>Canarium ovatum</i>       | 28.97 | 3.2  | 34.38 | 25              | 0.23         |
| 348 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 12.73 | 4.55 | 20.05 | 6               | 0.08         |
| 349 | <i>Swietenia humilis</i>     | 51.57 | 5.5  | 58.57 | 46              | 1.20         |
| 350 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 38.83 | 4.6  | 54.27 | 35              | 0.75         |
| 351 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 28.33 | 3.32 | 37.24 | 26              | 0.27         |
| 352 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 21.96 | 5.5  | 26.42 | 17              | 0.21         |
| 353 | <i>Swietenia humilis</i>     | 52.52 | 5.5  | 60.64 | 48              | 1.29         |
| 354 | <i>Swietenia humilis</i>     | 45.20 | 8.2  | 59.68 | 38              | 1.61         |
| 355 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 16.39 | 4.8  | 22.92 | 10              | 0.12         |
| 356 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 41.86 | 6    | 48.38 | 35              | 0.84         |
| 357 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 46.47 | 4.25 | 56.66 | 38              | 0.78         |
| 358 | <i>Tectona grandis</i>       | 13.37 | 3.9  | 22.28 | 10              | 0.09         |
| 359 | <i>Swietenia humilis</i>     | 48.38 | 5.92 | 61.75 | 30              | 1.10         |
| 360 | <i>Cordia megalantha</i>     | 30.88 | 10.2 | 38.83 | 10              | 0.64         |
| 361 | <i>Cordia megalantha</i>     | 29.92 | 10.2 | 38.67 | 10              | 0.64         |
| 362 | <i>Swietenia humilis</i>     | 45.20 | 6.43 | 61.75 | 36              | 1.29         |
| 363 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 52.20 | 7.4  | 64.30 | 40              | 1.67         |
| 364 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 30.56 | 5.7  | 34.85 | 22              | 0.38         |
| 365 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 21.01 | 3.63 | 28.33 | 16              | 0.15         |
| 366 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 13.05 | 3.1  | 16.55 | 10              | 0.05         |
| 367 | <i>Tectona grandis</i>       | 28.81 | 3.2  | 38.52 | 8.4             | 0.20         |
| 368 | <i>Tectona grandis</i>       | 22.92 | 6.9  | 31.04 | 10              | 0.29         |
| 369 | <i>Cordia megalantha</i>     | 31.19 | 11.5 | 39.15 | 10              | 0.74         |
| 370 | <i>Cordia megalantha</i>     | 30.56 | 9.2  | 38.20 | 10              | 0.56         |
| 371 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 14.32 | 4.22 | 17.83 | 10              | 0.07         |
| 372 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 12.73 | 3.5  | 17.83 | 10              | 0.06         |
| 373 | <i>Tectona grandis</i>       | 14.64 | 3.1  | 19.74 | 10              | 0.06         |
| 374 | <i>Tectona grandis</i>       | 10.82 | 2.6  | 14.48 | 10              | 0.03         |
| 375 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 10.60 | 3.6  | 14.64 | 8               | 0.04         |
| 376 | <i>Swietenia macrophylla</i> | 21.01 | 4.8  | 28.65 | 12              | 0.18         |
| 377 | <i>Cananga odorata</i>       | 24.83 | 8.4  | 30.88 | 10              | 0.35         |
| 378 | <i>Cananga odorata</i>       | 25.78 | 9.3  | 35.65 | 10              | 0.50         |
| 379 | <i>Cananga odorata</i>       | 25.15 | 9    | 32.47 | 10              | 0.41         |
| 380 | <i>Cordia alliodora</i>      | 25.15 | 8.4  | 30.88 | 10              | 0.35         |
| 381 | <i>Cordia alliodora</i>      | 26.10 | 8.5  | 31.42 | 10              | 0.36         |
| 382 | <i>Tabebuia rosea</i>        | 24.19 | 7.5  | 29.92 | 8               | 0.28         |
|     |                              |       |      |       | <b>Total m3</b> | <b>92.98</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 2.** Volúmenes en m<sup>3</sup> de madera en rollo por especie

| <b>m3 DE MADERA EN ROLLO POR ESPECIE</b> |                                 |  |   |   |   |
|--|---------------------------------|--|---|---|---|
| <b>No.</b>                               | <b>Especie</b>                  | <b>Volumen<br/>Total (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Volumen<br/>Promedio<br/>(m<sup>3</sup>)</b> | <b>Volumen<br/>Máximo<br/>(m<sup>3</sup>)</b> | <b>Volumen<br/>Mínimo<br/>(m<sup>3</sup>)</b> |
| 1  | <i>Khaya senegalensis</i>       | 1.23                                     | 0.10  | 0.19  | 0.06  |
| 2  | <i>Cojoba arborea</i>           | 0.44                                     | 0.11  | 0.21  | 0.06  |
| 3  | <i>Cedrela odorata Rojo</i>     | 3.73                                     | 0.37  | 0.69  | 0.09  |
| 4  | <i>Cedrela odorata</i>          | 7.24                                     | 0.56  | 1.53  | 0.06  |
| 5  | <i>Eucaliptus sp.</i>           | 1.24                                     | 0.31  | 0.65  | 0.11  |
| 6  | <i>Granadillo Rojo</i>          | 1.81                                     | 0.10  | 0.21  | 0.04  |
| 7  | <i>Huerteia cubensis</i>        | 1.59                                     | 0.27  | 0.35  | 0.10  |
| 8  | <i>Swietenia humilis</i>        | 12.26                                    | 0.72  | 1.61  | 0.04  |
| 9  | <i>Cananga odorata</i>          | 1.26                                     | 0.42  | 0.50  | 0.35  |
| 10                                       | <i>Cordia alliodora</i>         | 4.44                                     | 0.26  | 0.43  | 0.07  |
| 11                                       | <i>Cordia megalantha</i>        | 8.37                                     | 0.33  | 1.12  | 0.05  |
| 12                                       | <i>Swietenia macrophylla</i>    | 11.13                                    | 0.21  | 1.67  | 0.04  |
| 13                                       | <i>Guarea grandifolia</i>       | 2.23                                     | 0.11  | 0.31  | 0.04  |
| 14                                       | <i>Callophyllum brasiliense</i> | 0.77                                     | 0.19  | 0.25  | 0.13  |
| 15                                       | <i>Peltogyne purpurea</i>       | 0.09                                     | 0.04  | 0.05  | 0.04  |
| 16                                       | <i>Juglans olanchana</i>        | 3.02                                     | 0.43  | 0.81  | 0.13  |
| 17                                       | <i>Canarium ovatum</i>          | 3.53                                     | 0.32  | 0.45  | 0.23  |
| 18                                       | <i>Tapirira guianensis</i>      | 0.62                                     | 0.31  | 0.40  | 0.22  |
| 19                                       | <i>Magnolia yoroconte</i>       | 3.58                                     | 0.26  | 0.34  | 0.14  |
| 20                                       | <i>Hyeronima alchorneoides</i>  | 1.17                                     | 0.23  | 0.47  | 0.12  |
| 21                                       | <i>Vochysia guatemalensis</i>   | 1.27                                     | 0.32  | 0.64  | 0.12  |
| 22                                       | <i>Virola koschnyi</i>          | 5.60                                     | 0.40  | 0.75  | 0.08  |
| 23                                       | <i>Terminalia amazonia</i>      | 1.25                                     | 0.13  | 0.25  | 0.06  |
| 24                                       | <i>Tabebuia rosea</i>           | 1.22                                     | 0.24  | 0.31  | 0.17  |
| 25                                       | <i>Tectona grandis</i>          | 13.90                                    | 0.14  | 0.39  | 0.03  |
| <b>TOTAL</b>                             |                                 | <b>92.98</b>                             |   |   |   |

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 3.** Resultados de análisis de suelos

| Perfil                      | Horizontes (cm) | Textura | pH   | %     |       | g/Kg |      |       |       |       |      |       |      |      |
|-----------------------------|-----------------|---------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|
|                             |                 |         |      | M.O   | N     | P    | K    | Ca    | Mg    | Na    | Cu   | Fe    | Mn   | Zn   |
| <b>Sistema Agroforestal</b> |                 |         |      | Alto  | Alto  | Bajo | Bajo | Alto  | Medio | Medio | Bajo | Medio | Bajo | Alto |
|                             | <b>0-33</b>     | FAr     | 6.60 | 13.29 | 0.66  | 2    | 194  | 5310  | 220   | 135   | 0.9  | 62    | 8.4  | 5.2  |
|                             |                 |         |      | Alto  | Alto  | Bajo | Bajo | Alto  | Bajo  | Medio | Bajo | Bajo  | Bajo | Bajo |
|                             | <b>33-74</b>    | FAr     | 7.17 | 13.01 | 0.65  | 1    | 72   | 3550  | 70    | 140   | 0.5  | 24    | 2.3  | 0.7  |
|                             |                 |         |      | Alto  | Medio | Bajo | Bajo | Medio | Bajo  | Medio | Bajo | Bajo  | Bajo | Bajo |
|                             | <b>74-130</b>   | FAr     | 6.92 | 9.92  | 0.50  | 1    | 34   | 1220  | 40    | 128   | 0.4  | 48    | 4.4  | 0.4  |
|                             |                 |         |      | Medio | Bajo  | Bajo | Bajo | Bajo  | Bajo  | Medio | Bajo | Bajo  | Bajo | Bajo |
|                             | <b>130-140x</b> | FAr     | 6.40 | 3.42  | 0.17  | 2    | 28   | 540   | 40    | 133   | 0.4  | 48    | 2.6  | 0.1  |
| <b>Monocultivo Caña</b>     |                 |         |      | Alto  | Alto  | Bajo | Bajo | Bajo  | Bajo  | Medio | Bajo | Bajo  | Bajo | Bajo |
|                             | <b>0-21</b>     | FAr     | 5.66 | 11.94 | 0.60  | 1    | 94   | 200   | 30    | 135   | 0.5  | 40    | 6.5  | 0.4  |
|                             |                 |         |      | Alto  | Medio | Bajo | Bajo | Bajo  | Bajo  | Medio | Bajo | Medio | Bajo | Bajo |
|                             | <b>21-50x</b>   | FAr     | 6.72 | 5.45  | 0.27  | 1    | 56   | 110   | 20    | 140   | 0.4  | 60    | 4.7  | 0.1  |

Textura: FAr: Franco arcillosa. % M.O: Porcentaje de materia orgánica

Fuente: Resultados de análisis de Laboratorio de Suelos de Zamorano E.A.P, 2006.