



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**BIOMASA Y NUTRIENTES DE ÁRBOLES DE SOMBRA TEMPORAL Y  
PERMANENTE EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON *Coffea arábica* L DE 5  
AÑOS EN EL PACIFICO DE NICARAGUA.**

**AUTORES:**

**Br. EDDYT RAMÓN CHAVARRÍA MAIRENA.**

**Br. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ PÉREZ.**

**ASESORES**

**Ing. MSc. Rodolfo Munguía Hernández.**

**Dr. Jeremy Philip Hagggar.**

**Ing. Alejandro Ponce.**

**Managua, Nicaragua. 2007**

## **DEDICATORIA**

En primera instancia y de manera muy especial a **Dios** nuestro padre y creador de todo lo que nos rodea, por haberme dado las fuerzas y la sabiduría necesaria durante esta etapa tan importante de mi vida.

Con mucho amor, admiración e incansable sacrificio incondicional mis padres **Sr. Eddy R. Chavarría Solís y Sra. María Olivia Mairena G.** por guiarme y conducirme por el camino del bien e inculcarme valores éticos, espirituales y morales a lo largo de mis años. A mis hermanos: **Michael E. Chavarría M y Carlos E. Chavarría.**, por ser muy especiales en mi vida los quiero mucho.

A mis abuelitos: **Alberto Chavarría (q. e. p. d.), Antonia Solís y Enrique Mairena y Maria L. Gutiérrez (q. e. p. d.)** y a todos mis tíos, en particular a mis tías **Marisol y Georgina Chavarría** por apoyarme siempre con sus sabios y valiosos consejos que han servido de mucho en mi vida. A todos mis primos en especial a: **Arely Torres Mairena** por ofrecerme siempre su ayuda incondicional, en esta etapa tan importante de mi vida y **Guillene Valkiria. Laguna Ch.**, por ser como una Hermanita y compartir conmigo momentos de alegría y travesuras. Y a todos mis compañeros y amigos (as) que de una u otra forma colaboraron para culminar y alcanzar esta meta tan importante para mí.

***Br. Eddy Ramón Chavarría Mairena.***

A Dios nuestro gran creador y a mis progenitores, **Juan José Hernández Martines (q.e.p.d.)** y a mi adorada madrecita **María del Carmen Pérez Matey**, por darme la vida y que ha trabajado muy duro por muchos años, haciendo posible el cumplir con su sueño y el mío, quien me brindó apoyo económico, moral y espiritual de forma incondicional durante toda esta etapa de mi vida, a mi recordado amigo **Edwin Antonio Hernández García (q.e.p.d.)**.

A mi hija **María Celeste Hernández Herrera**. A mi queridísima tía, **Guadalupe Pérez Matey**, y a mi abuelita **María Ermenejilda Matey Matey**.

A mis hermanos **Carmen Cecilia y Delvin Alberto Hernández Pérez**, a todos mis primos hermanos en especial a **Jorge Luis y Leonel Pérez** y a todas aquellas mujeres que laboran arduamente en trabajos domésticos.

***Juan Carlos Hernández Pérez.***

## **AGRADECIMIENTO**

A **Dios nuestro salvador**, por regalarme la vida, el conocimiento, inteligencia y sabiduría necesaria, y a nuestra madre **Virgen María** por estar junto a mí en todo momento.

A mi mamá querida, **Sra. María Olivia Mairena G.**, por traerme al mundo y darme su apoyo incondicional en todo momento y, a mi papá **Sr. Eddy R. Chavarría Solís.**, que me enseñó a ser responsable. Gracias padres por ayudarme a alcanzar mi sueño. A mi hermano **Michael E. Chavarría M.**, tíos, primos y demás familiares por su solidaridad y cariño.

A nuestros asesores **Dr. Jeremy Haggar**, **Ing. Alejandro Ponce** y en especial al **Ing MSc. Rodolfo Munguía H.** por su apoyo incondicional durante el proceso de realización de esta investigación. Al personal docente de la **UNA**, en especial a la facultad de **Agronomía** por habernos brindado sus conocimientos en nuestra formación profesional. Al **CATIE**, **INTA** y **UNICAFE** por ser los precursores de este proyecto y permitirnos realizar nuestro estudio de tesis. A mis amigos y compañeros de clase en especial al **Ing. Byron A. Rayo G.**, **Ing. Milker R. Vallejos H** **Ing. Juan C. Hernández P.** y a los señores y amigos **Elvis y Leddy Navarrete**, por brindarnos su apoyo durante el proceso de realización de esta investigación.

*Eddy Ramón Chavarría Mairena.*

Agradezco de manera muy especial a nuestro señor **Jesucristo** por la sabiduría e inteligencia que nos da, a mi familia y a las instituciones que generosamente nos brindaron apoyo económico como la Universidad Nacional Agraria (**UNA**), Centro Agronómico tropical de Investigación y Enseñanza (**CATIE**), al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (**INTA**) y a la Unión Nicaragüense de cafetaleros (**UNICAFE**).

Hago sinceramente y extensivo mis agradecimientos a **Lic. Idalia Casco**, mi asesor **MSc. Rodolfo Munguía H.** por su disponibilidad en este trabajo de investigación, al **Dr. Jeremy Haggar** por su grata atención al personal de campo del ensayo del **CATIE** en el pacífico de Nicaragua. Deseo terminar y hacer un justo reconocimiento a **Delvin A. Hernández P.** (hermano y amigo), **Ing. Eddy R. Chavarría M.**, **Ing. Byron A. Rayo G.**, **Boanerges Espinoza** y a la Sra. **Ninoska Vallecillo** que de una u otra manera me ayudaron a seguir adelante.

*Juan Carlos Hernández Pérez.*

## INDICE GENERAL

Sección	Página
<b>INDICE GENERAL</b>	<b>i</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE FOTOGRAFIAS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vi</b>
<b>I INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivo general</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1. Objetivos específicos</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Hipótesis</b>	<b>4</b>
<b>II MATERIALES Y METODOS</b>	<b>5</b>
2.1    Ubicación del ensayo	<b>5</b>
2.2    Diseño experimental	<b>5</b>
2.3    Factores y niveles de estudio	<b>5</b>
2.3.1    Descripción de las especies de sombra temporal y permanente.	<b>6</b>
2.4    Variables a evaluar y procedimientos de muestreos.	<b>11</b>
2.5    Procedimiento de raleo y corte de los árboles.	<b>12</b>
2.6    Manejo de restos vegetales.	<b>13</b>
2.7    Análisis estadístico de los datos.	<b>14</b>
<b>III RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>15</b>
3.1    Biomasa aportado por especies de sombra temporal (2,002 – 2,003).	<b>16</b>
3.2    Contenido de nutrientes en biomasa de sombra temporal (2,002 – 2,003).	<b>18</b>
3.3.    Biomasa producida por especies de sombra permanente por poda (2,004) y raleo (2,005).	<b>20</b>
3.3.1.    Cantidad de materia seca por efecto de especies de sombra permanente por manejo de poda.	<b>22</b>

Sección	Página
3.3.2. Raleo de árboles de sombra y producción de materia seca en 2,005.	23
3.4. Contenido de N, P, K, Ca Y Mg ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), en la materia seca de sombra permanente por poda 2,004 y raleo 2,005.	28
3.4.1. Contenidos de nutrientes en materia seca por poda de árboles de sombra en 2,004.	29
3.4.2. Contenidos de nutrientes en materia seca por raleo de árboles de sombra en 2,005.	33
3.5. El balance de nutrientes.	37
<b>IV CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>V RECOMENDACIONES</b>	<b>40</b>
<b>VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>41</b>
<b>VII ANEXOS</b>	<b>46</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
1	Asignación y distribución de los niveles de los factores de estudio.	6
2	Peso seco total (kg.ha <sup>-1</sup> ) de sombra temporal <i>Ricinus communis</i> y <i>Cajanus cajan</i> del año 2,002 y 2,003.	16
3	Contenido de nutrientes totales de sombra temporal <i>Ricinus communis</i> y <i>Cajanus cajan</i> 2,002 – 2,003 en kg.ha <sup>-1</sup> .	18
4	Cantidad de materia seca producida por poda en (2,004) de los árboles de sombra permanente.	23
5	Total de árboles y porcentajes raleados por ha.	24
6	Resultados de altura (m), DAP (cm) e IMA (M) de árboles raleados 2,005 al los que se le midió biomasa.	25
7	Materia seca producida por raleo en (2,005) de los árboles de sombra permanente.	27
8	Contenido de N, P, K, Ca y Mg en materia seca de poda en 2,004 en kg.ha <sup>-1</sup> .	30
9	Contenido de N, P, K, Ca y Mg en materia seca del raleo en 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> .	34
10	Balance del nitrógeno (N), en kg.ha <sup>-1</sup> ., extraído a partir de poda 2,004 y raleo 2,005 de árboles de sombra permanente y aportes vía fertilización	38

## INDICE DE FOTOS.

Foto	Descripción	Página
1	Planta de <i>Cajanus cajan</i> (Gandul).	7
2	Planta de <i>Ricinus communis</i> (Higuera).	7
3	Árbol de <i>Simuruba glauca</i> (Acetuno).	8
4	Árbol de <i>Tabebuia rosea</i> (Roble macuelizo).	8
5	Árbol de <i>Samanea saman</i> (Genizaro).	9
6	Árbol de <i>Inga laurina</i> (Guaba).	10

## INDICE DE ANEXOS

Anexo	Descripción	Página
1	Manejo de la Fertilización en el ensayo de sistemas agroforestales con café.	47
2	Aspectos técnicos en el manejo de las enfermedades presentes en el ensayo de sistemas agroforestales con café (2,005).	47
3	Aspectos técnicos del Manejo de hierbas en el ensayo de sistemas agroforestales con café (2,005).	48
4	Aspectos técnicos del manejo de insectos plagas (minador y broca) que afectan al cultivo de café en el ensayo de sistemas agroforestales.	49
5	Peso seco de sombra temporal <i>Ricinus communis</i> y <i>Cajanus cajan</i> del año 2,002 en kg ha <sup>-1</sup> .	50
6	Peso seco de sombra temporal <i>Ricinus communis</i> y <i>Cajanus cajan</i> del año 2,003 en kg ha <sup>-1</sup> .	50
7	Contenido de nutrientes de sombra temporal <i>Ricinus communis</i> y <i>Cajanus cajan</i> 2,002 en kg ha <sup>-1</sup> .	50
8	Contenido de nutrientes de sombra temporal <i>Ricinus communis</i> y <i>Cajanus cajan</i> 2,003 en kg ha <sup>-1</sup> .	51
9	Concentraciones de elementos minerales en componentes de las especies de sombra temporal en el 2,003.	51
10	Peso seco por componente y por especie de la poda de árboles en 2,004 en kg ha <sup>-1</sup> .	51
11	Peso seco por componentes por especies del raleo de árboles del 2,005 en kg ha <sup>-1</sup> .	52
12	Contenido de Nitrógeno de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> . en hojas y tallos menores a 2 cm de diámetro.	52
13	Contenido de Nitrógeno de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2005 en kg.ha <sup>-1</sup> en tallos mayores a 2cm de diámetro.	52
14	Contenido de fósforo (P) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en hojas y tallos menores a 2 cm de diámetro.	53

<b>Anexo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>15</b>	Contenido de fósforo (P) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en tallos mayores a 2cm de diámetro.	53
<b>16</b>	Contenido de Potasio (K) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en hojas y tallos menores a 2 cm de diámetro.	53
<b>17</b>	Contenido de Potasio (K) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en tallos mayores a 2cm de diámetro.	54
<b>18</b>	Contenido de Calcio (Ca) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en hojas y tallos menores a 2 cm de diámetro.	54
<b>19</b>	Contenido de Calcio (Ca) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en tallos mayores a 2cm de diámetro.	54
<b>20</b>	Contenido de Magnesio (Mg) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en hojas y tallos menores a 2 cm de diámetro.	55
<b>21</b>	Contenido de Magnesio (Mg) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en kg.ha <sup>-1</sup> en tallos mayores a 2cm de diámetro.	55
<b>22</b>	Resultados de concentraciones de tejidos vegetales de los árboles de sombra permanente de raleo del 2,005.	55
<b>23</b>	Esquema gráfico de la replica I establecida en UNICAFE.	56
<b>24</b>	Esquema gráfico de la replica II establecida en UNICAFE.	57
<b>25</b>	Esquema gráfico de la replica III establecida en el Centro Experimental Campos Azules (CECA).	58

---



## RESUMEN

**Chavarria, E; Hernández, J.** 2,006. Biomasa y nutrientes de árboles de sombra temporal y permanente en sistemas agroforestales con *Coffea arabica L* de 5 años en el pacífico de Nicaragua.

La presente investigación se realizó en sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica L.*) en el Municipio de Masatepe, Nicaragua, determinando el aporte de biomasa y los contenidos de N, P, K, Ca y Mg. de la sombra temporal y permanente. Se evaluaron dos factores de estudio en un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas subdivididas: A) Tipo de sombra: temporal estableciéndose de forma homogénea y mixtas, especies de leguminosas más no leguminosas para sombra de café como *Cajanus cajan* y *Ricinus communis* y en sombra permanente, especies de árboles leguminosas y/o maderables (*Inga laurina*, *Simarouba glauca*, *Samanea saman*, *Tabebuia rosea*) y una parcela de café a pleno sol, distribuidas en parcelas grandes; B) Los niveles de insumos: Convencional Intensivo (CI) y Convencional Extensivo (CE), Orgánico Intensivo (OI) y Orgánico Extensivo (OE); relativos a aportes de nutrientes, manejo de enfermedades, malezas e insectos dañinos. La biomasa de sombra temporal se cuantificó en 2002 por podas y 2003 por eliminación de la misma. También se cuantificó la biomasa en la sombra permanente por podas en 2004 y de raleo 2,005. La biomasa total por especie y tratamientos en sombra temporal y permanente, se obtuvieron a partir de los componentes hojas, tallos menores a 2 cm, tallos mayores de 2 cm de diámetro y tronco. Se tomó una muestra de biomasa fresca por tratamiento, se secó al horno a temperaturas de 65 °C, para obtener el contenido de materia seca. A este mismo material, se procedió a la determinación de las concentraciones de los elementos minerales anteriormente mencionados. Los resultados obtenidos mostraron que la especie de sombra temporal no leguminosa Higuera (*Ricinus communis*) presentó el mayor aporte de materia seca con 4,356 kg ha<sup>-1</sup> en dos años (2,002 + 2,003), representando también los mayores contenidos de N, P, K, Ca y Mg con 82, 28, 165, 68 y 57 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Respecto a las especies de sombra permanente, sometidas al manejo de poda el nivel de sombra II + Sg produce los mayores aportes de MS con 5,695.66 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> de los cuales el 39 % se recicla en el sistema, este mismo tipo de sombra aporta al sistema los mayores contenidos de N, P, K, Ca y Mg con 64, 55, 55, 66 y 36 % respectivamente. En el manejo de raleo el tipo de sombra que produjo mayor cantidad de MS es Sg + Tr con 9,096.89 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> aportando al sistema el 45 %, este mismo tipo de sombra aporta al sistema las mayores cantidades de N, P, K, Ca y Mg con 67, 54, 70, 80 y 44 % respectivamente. Los porcentaje restante de materia seca y nutrientes tanto en poda y raleo correspondiente a tallos mayores de 2 cm de diámetro, es extraído del sistema como leña y postes respectivamente.

## I. INTRODUCCION

El café, (*Coffea arábica* L.), originario del sotobosque de altura de Etiopía, es el principal rubro de exportación en Nicaragua y generador de empleos en el área rural que dependen directamente unas 170,000 familias; ha representado consistentemente cerca del 25 % del valor total de exportaciones agrícolas del país (un 85 % de la producción se exporta y un 15 % se consume localmente). Además, la cadena nacional de café es un conglomerado de agroindustrias conformado por miles de agentes (pequeños, medianos y grandes productores) procesadores primarios, industriales, exportadores y empresas proveedores de insumos para la producción primaria, por lo tanto, su puesto en la economía nacional es significativo (World Bank, 1,992).

La producción de café en Nicaragua ha enfrentado diferentes problemas que van desde la caída de los precios internacionales provocando un descuido en el manejo agronómico del cafetal, donde se descuida la cultura de manejo de malezas, plagas, sombra, fertilización, entre otros, lo que ha conllevado a una reducción a veces drásticas de los rendimientos productivos. Las condiciones de manejo se han expresado en la aplicación de diferentes niveles tecnológicos implementándose sistemas de producción tradicional y tecnificado, con el objetivo de mejorar la producción, tanto en calidad como en cantidad (De la Llana, 2,000).

El sistema tradicional, se caracteriza por el asocio de árboles de sombra con los cafetos; los rendimientos obtenidos son bajos, sin embargo, se reducen los costos de producción en relación al control de maleza, plagas y enfermedades. Todo esto se trasmite en estabilidad económica y ecológica (Vaast, 1,999). El sistema tecnificado se caracteriza por ser un monocultivo, ofrece una alta producción, debido a que las plantas de cafeto que crecen a plena exposición solar transforman con mayor eficiencia la energía solar y otros componentes como agua, dióxido de carbono y elementos nutricionales, después de la cosecha las plantas presentan deficiencia nutricional por lo que se hace necesario el uso de fertilizantes químicos para su nutrición (Gutiérrez, *et al.* 2,003).

El cafetal es un agrosistema diversificado a nivel de especies de estratos múltiples, compuestos por diferentes árboles maderables, leguminosos arbóreos y frutales con café en el sotobosque. Este es, por lo general, un agrosistema menos productivo, pero ciertamente más

estable y sostenible que el monocultivo de café sin sombra. Esto se debe a los efectos benéficos de los árboles de sombra para conservar la materia orgánica del suelo y reciclar nutrientes a través de la hojarasca y mantillo del subsuelo, mediante su profundo sistema de raíces, así como para limitar el estrés ambiental y las fluctuaciones nutricionales del café y finalmente para regular el crecimiento y productividad del cultivo (Beer, *et al.* 1,998).

Experimentos realizados en el centro del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en Turrialba, Costa Rica, a principio de los años cincuenta, demostraron que se podría incrementar en forma significativa los rendimientos del café cultivado a pleno sol, siempre y cuando se restituyese constantemente la fertilidad mediante el abonamiento intensivo y se asegurase la provisión de humedad en caso necesario (Samper 1,999).

Los sistemas agroforestales con café aportan una elevada producción de biomasa, incrementan el contenido de materia orgánica del suelo, también mejoran el reciclaje de nutrientes. Otro efecto importante de estos sistemas es que la hojarasca, proveniente de los árboles de sombra, puede contribuir a la conservación de la humedad y la fertilidad del suelo (Russo y Bodowski, 1,986), un estudio realizado por Rice (1,991) en Nicaragua, observó que aunque el régimen de lluvia no había cambiado en el departamento de Carazo, las plantaciones intensivas tenían 72 % menos humedad en el suelo que las plantaciones tradicionales. Este efecto puede ser importante en zonas con limitaciones de agua.

Según Beer (1,988), los árboles de sombra pueden aportar entre 5 a 10 toneladas de materia orgánica por hectárea por año. Estos aportes resultan en niveles más altos de materia orgánica y, por ende, en una capacidad de intercambio catiónico y una mejor fertilidad en sistemas con árboles de sombra comparados con sistemas a pleno sol. Rice (1,991), encontró que la hojarasca acumulada en el suelo fue de tan solo 7.8 toneladas por hectárea en un cafetal intensivo (café a pleno sol), mientras que en el tradicional, se acumularon 12 toneladas por hectárea por año.

La materia orgánica que los árboles agregan al suelo (hojarasca, tallos, raíces), aumenta la habilidad del suelo para absorber y retener el agua. También es un componente importante para el desarrollo de un cultivo de café más sostenible, ya que este depende

considerablemente, para su nutrición mineral, de raíces absorbentes que se encuentran en el horizonte superior del suelo, rico en materia orgánica (Carvajal, 1,984).

Según Vaast *et al.* (1,999), la materia orgánica del suelo desempeña un papel importante en la estructura, aeración y capacidad del suelo para sostener el agua y ofrecer un medio favorable para el crecimiento de raíces y captación de nutrientes Para Wooner *et al.* (1,994), la presencia de la materia orgánica del suelo favorece la actividad de los microorganismos del suelo (lombrices, termitas, artrópodos). Durante su migración por el suelo estos organismos crean macro poros, los cuales contribuyen sustancialmente a la porosidad del suelo y a su aeración. Mediante su excreción estos organismos también desempeñan un papel importante al mezclar el suelo y llevar partículas mas finas del horizonte más bajos hacia la superficie.

Uno de los resultados alentadores en la investigación agroforestal en el mundo es la confirmación de que las tecnologías agroforestales aborden efectivamente los problemas de los productores de recursos limitados y ofrezcan nuevas oportunidades. Esto es debido principalmente a la versatilidad de los árboles de usos múltiples en los sistemas agroforestales, los cuales proveen productos como: alimento, forraje, leña, etc. y además servicios: ambientales y sociales como la conservación del suelo, control de malezas, seguridad alimentaria, protección de la biodiversidad, secuestro del carbono, etc.

## **1.1. OBJETIVO GENERAL:**

Evaluar el aporte de materia seca y nutriente producto del manejo de sombra temporal y permanente bajo diferentes sistemas arbóreos y aplicaciones de insumos en sistemas agroforestales con café.

### **1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Estimar la cantidad de materia seca y nutriente que aportan las especies de sombra temporal a partir de poda y eliminación de las mismas establecidas en diferentes sistemas agroforestales con café.
- ❖ Estimar la cantidad de materia seca y nutriente que aportan las especies de sombra de los árboles permanente a partir de poda y raleo establecidas en diferentes sistemas agroforestales con café.
- ❖ Evaluar el crecimiento alcanzado por las especies de árboles de sombra permanente al momento del raleo efectuado en 2,005.

## **1.2. HIPOTESIS:**

1. La cantidad de biomasa seca y nutrientes producidos por las especies leguminosas de sombra temporal y permanente sean mayores en comparación a las no leguminosas.
2. La altura y diámetro de las especies de árboles de leguminosas al momento del raleo será mayor en comparación a las no leguminosas por su rápido crecimiento y presencia de mas de una bifurcación.

## **II. MATERIALES Y METODOS**

### **2.1. Ubicación del ensayo.**

Como parte de un proceso de investigación que durará 20 años se está realizando esfuerzos multiinstitucional (CATIE, INTA, UNICAFE y UNA), estableciendo en el año 2,001 un ensayo experimental de sistemas agroforestales con café en el Pacífico de Nicaragua formado de tres repeticiones, dos de estas se establecieron en el Centro de Capacitación y Servicios Regional conocido como Jardín Botánico con coordenadas geográficas de 12°19” latitud Norte y 86°04” longitud Oeste y la tercera réplica se estableció en el Centro Experimental de Campos Azules en el año 2002, con coordenadas de 11°54” latitud norte y 86°09” longitud Oeste, ambos sitios localizados en el municipio de Masatepe departamento de Masaya; a una altitud de 455 m.s.n.m, siendo una zona baja y seca con suelos fértiles de origen volcánico, con una precipitación promedio anual de 1,386 mm, una temperatura promedio anual de 28 °C, mostrando una estación seca de 6 meses (Haggar y Staver 2,001).

### **2.2. Diseño experimental.**

El experimento de campo consistió de tres bloques, siendo los tratamientos distribuidos aleatoriamente en cada uno, lo que constituyó un diseño de bloque completamente al azar y arreglo en parcelas subdivididas. El tamaño de las parcelas grandes no es igual debido a la falta de disponibilidad de área y mano de obra para conformar un diseño completo, lo cual se originó un factorial incompleto, como es descrito en los (Anexo 19, 20 y 21).

### **2.3. Factores y niveles de estudio presentes.**


El ensayo consta de 14 tratamientos, producto de la combinación de cinco tipos de sombra (mezcla de dos especies de árboles mas una parcela a plena exposición solar) y de cuatro niveles de insumos (Cuadro 1) en la que se manejan los aspectos de fertilización, manejo de las malezas, enfermedades y control de plagas (Anexo 1, 2, 3 y 4).

FACTOR – A: Tipo de sombra: se estableció en las parcelas grandes o principal, la cual se estableció de forma mixta (leguminosa más maderables), y homogénea. Para sombra temporal

se establecieron las especies de *C. cajan* y *R. communis* en los dos primeros años del sistema con distancia de siembra de 1m entre hilera y 1.25m entre planta con densidades de 4,000 plantas por hectárea, para sombra permanente se establecieron cuatro especies de árboles de sombra para café sembradas a distancias de 4 m. entre hileras y 3.75 m. entre árbol con densidades de 666 árboles por ha. de las cuales solo tres especies se evaluaron. Las plantas de café de la variedad Paca fueron sembradas a distancias de 2 m. entre hilera y 1.25 m. entre plantas con densidades de 4,000 plantas por ha. Y adicionalmente se incluyó para hacer comparación estadística una parcela a pleno sol(Cuadro 1).

Cuadro 1.- Asignación y distribución de los niveles de los factores de estudio.

Parcelas grandes	Parcelas pequeñas				
Especie de sombra temporal	<i>Ricinus communis/</i> <i>Cajanus cajan</i>	<i>Ricinus communis/</i> <i>Cajanus cajan</i>	<i>Ricinus communis</i>	<i>Cajanus cajan</i>	Pleno sol
Especie de sombra permanente	<i>Inga laurina /</i> <i>Simarouba glauca</i>	<i>Inga laurina /</i> <i>Simarouba glauca</i>	<i>Simarouba glauca/</i> <i>Tobebuia rosea</i>	<i>Samanea saman</i> <i>/Inga laurina</i>	
Convencional Extensivo (CE)					
Orgánico Intensivo (OI)					
Convencional Intensivo (CI)					
Orgánico Extensivo (OE)					

 — Interacción entre nivel de insumo y tipo de sombra.

Factor B: Niveles de insumo: Formado por diferentes componentes para el manejo agronómicos del ensayo tales como. Manejo de la fertilización, aspectos técnicos en el manejo de hierbas, aspectos técnicos en el manejo de enfermedades e insectos plagas (minador y broca) (Anexo 1, 2, 3 y 4), que afectan al cultivo de café en el ensayo de sistemas agroforestales con café.

### 2.3.1.- Descripción de las especies de sombra temporal y permanente.

***Cajanus cajan* L. (Gandul. Frijol de palo, guisante); Familia: Fabáceae.** Según Vega (1,992) lo describe como un arbusto leñoso, perenne de 2 a 4 m de altura, mientras que Duke (1,981) señala que tiene un crecimiento vegetativo lento, mayor lignificación y hojas

pequeñas, de raíces pivotantes. Jonson y Raymond (1,964) indican que la raíz es bastante profunda, es muy resistente a las condiciones de poca humedad y a suelos áridos, lo cual tolera zonas secas de 65 mm de precipitación anual; mientras que Duke (1,981) señala que esta especie tolera una precipitación anual de 530 – 4,030 mm, temperatura promedio anual de 15.8 – 27.8 °C, con pH de 4.5 – 8.



Foto 1.- Plantas de *Cajanus cajan*

***Ricinus communis* L. (higuera, higue rilla, castor); Familia: Euphorbiaceae.**

Es una planta perenne, la mayoría de las variedades criollas alcanzan alturas de 2.5 m, presentan buen desarrollo del sistema radicular secundario, ramificado y de penetración profunda para tomar máxima ventaja de la humedad en suelos bien drenados. El sistema radicular prolifera y forma densas masas que se extienden a considerables distancias de la base del tallo, lo cual le permite mayor capacidad de absorción de nutrientes. Es muy útil en zonas



Foto 2.- Planta de *R. communis* L

áridas, en donde el movimiento de las aguas y la absorción de nutrientes de la superficie es poca, se adapta fácilmente a terrenos pobres. Los suelos muy arcillosos (80 – 90 % de arcilla) no son convenientes, los suelos franco arenosos con suficiente humus y Calcio como también los francos arcillosos deben ser moderadamente alcalinos para el buen desarrollo de esta planta. (BCN, 1,977).

Prospera satisfactoriamente en suelos con un pH óptimo de 5 a 6.5 ligeramente ácidos, con temperatura media requerida de 20 a 30 °C, con una humedad de suelo de 16 %, crece desde el nivel del mar hasta 2,500 m de altura con una precipitación de 700 a 1,200 mm al año (Tercero 1,977). Los suelos ricos en Nitrógeno tienden a producir plantas exuberantes y muy altas. La Higuierilla cuando es cortada exuda un líquido lechoso que puede ser extremadamente irritante o venenoso para los tejidos vegetales (BCN, 1,997).



***Simarouba glauca* (Acetuno, aceituno, negrito): Familia: Simaroubaceae.**

Esta especie puede usarse en restauración ecológica y en plantaciones de enriquecimiento del bosque natural; como sombra para el café en el Pacífico de Nicaragua y El Salvador. Su importancia radica principalmente en la producción de madera usada para construcciones, carpintería, leña, carbón, corazón de plywood y formulaciones medicinales. En la India y México la semilla se cosecha comercialmente para la producción de jabón (Cordero y Boshier 2,003).

El porte del árbol es mediano a grande que alcanza 25-27 m de altura y 40-50 cm de diámetro, a menudo con un fuste cilíndrico limpio hasta los primeros 9 m. La copa es estrecha, hojas con haz verde oscuro brillante. Esta especie es tolerante a la sombra, se adapta a una gran variedad de ambientes: Climas secos y húmedos y es una especie de rápido crecimiento. (Cordero y Boshier 2,003).



Foto 3.- Planta de *S. glauca*

La principal plaga que ataca esta especie es *Atteva ergantica* el cual se alimenta de las yemas de crecimiento y de las inflorescencias, *Chianapsis* y *Ceroplastes* estos últimos atacan a los árboles jóvenes. La madera aserrada y seca es muy susceptible a termitas y tiene poca resistencia a hongos de pudrición (Cordero y Boshier 2,003).



Foto 4.- Planta de *T. rosea*

***Tabebuia rosea*. (Falso roble, macuelizo, roble sabanero); Familia: Bignoniaceae.**

Se emplea en plantaciones y ensayos de enriquecimiento, bajo sistemas silvopastoriles, linderos, como sombra ornamental o sombra para café, en proyectos de restauración ecológica en zonas secas, es fuente de alimento y albergue de animales. Es utilizado en formulaciones medicinales que promueven como agentes anticancer, antihongos y antiviral y contra efectos de venenos de serpientes. Su importancia radica

principalmente en la producción de madera usada extensivamente, construcción liviana, botes, equipos deportivos, pisos, chapadas, leña y carbón (MARENA 2,002).

Árbol caducifolio de porte mediano a grande, hasta 28-37 m de altura, con 50 a 100 cm de DAP. Tiene una copa estrecha que puede ser cónica o irregular con follaje abierto y liviano. Hojas compuestas, opuestas de cinco folíolos. Los frutos son vainas lineares dehiscentes con muchas semillas. El crecimiento de esta especie es variado de rápido a lento, depende del sitio con precipitaciones entre 1,500 y 2,000 mm anuales, se desarrolla en temperaturas mayores a 26 °C (Cordero y Boshier 2,003). Las principales plagas que lo atacan son insectos desfoliadores: las hormigas o sompopos (*Atta sp*), (MARENA 2,002).

***Samanea saman*. (Jenízaro, guachapali, carrito negro); Familia: Mimosaceae.**

Puede utilizarse ventajosamente como árbol de sombra, para potreros o pastizales. Las legumbres largas y negras son muy apreciadas para forraje, la madera es de alta calidad para muchos propósitos, y según MARENA (2,002), esta especie proporciona leña y carbón de buena calidad.

Forma parte de bosques perennifolios y estacionalmente secos, es una especie pionera que coloniza, claros y campos abandonados, mejora las propiedades del suelo y contribuye a proporcionar nitrógeno (N) a otras plantas, a través de la fijación biológica (MARENA 2,002).



Foto 5.- Planta de *S. saman*

Es una especie de gran tamaño, a menudo 25 – 30 m de altura y hasta 45 – 50 m, con un tronco corto de hasta 2 – 3 m de DAP. Copa ancha, baja, extendida en forma de sombrilla soportada por ramas horizontales. Hojas grandes (6 – 25 cm. de largo) y bipinnadas, son ligeramente sensibles a la luz y se cierran por la noche. El fruto es una vaina alargada indehiscente. El crecimiento inicial es moderadamente rápido, en los primeros 10 años crece típicamente 0.8 – 1.5 m por año en altura y unos 2 cm. por año en DAP. En un buen sitio puede alcanzar 50 cm. de DAP en 60 años y 1 m de DAP en 100 años (Cordero y Boshier 2,003).

El único enemigo natural de esta especie es el ganado y los animales silvestres como el venado y otros rumiantes. El gusano de rosquilla (*Spodoptera littoralis*), que es un Miriápodo, ataca a esta especie en la etapa de vivero cuando las plántulas están recién nacidas (MARENA 2,002).

***Inga laurina*. (Guaba, guabillo y cuajiniquil); Familia: mimosaceae.**

Se le dá múltiples usos como: madera para poste, leña, carbón y a veces en muebles rústicos de baja calidad. También proporciona excelente sombra a cultivos perennes en asociados con café, cacao, etc, debido a la arquitectura de su copa en forma de sombrilla o plana, para el control de erosión y fijar Nitrógeno.

Es una especie de rápido crecimiento, se adapta a una amplia variedad de suelos, una producción de mulch de lenta descomposición (control de maleza, liberación lenta de nutrientes y conservación de la humedad del suelo). Se prefiere esta especie cuando se quiere



Foto 6.- Planta de *I. laurina*

una sombra ligera, proporcionada por su copa extendida. También se usa en lugares con estaciones marcadas de hasta 6 meses secos, típico de las zonas del pacifico (Cordero y Boshier 2,003).

Para la realización de poda se hace en función del cultivo a sombrear, pero en café o cultivos en callejones se recomiendan 1-2 por año a partir del segundo año, cortando a partir de 1 metro de altura (Cordero y Boshier 2,003).

Los árboles viejos son susceptibles a las hormigas *Myrmelabista*, que ataca las partes leñosas. Otras plagas como el escarabajo *Platypus ratzerburgi* perforador del tallo y *Tetralopha scabridella*, que causa defoliaciones. Es muy susceptible a la podredumbre, no sirve para estar en contacto con el suelo (Cordero y Boshier 2,003).

#### **2.4. Variable a evaluar y procedimiento de muestreo.**

La eliminación de la sombra temporal se realizó a los 2 años de edad de establecido el sistema agroforestal con café y el raleo de los árboles de sombra permanente a los 5 años, se obtuvieron las variables correspondientes a la medición de biomasa fresca de hojas, tallos menores a 2 cm, tallos mayores a 2 cm de diámetro y troncos, siguiendo el procedimiento que a continuación se describe.

1. **Peso de biomasa seca de hojas.** Después del corte de los arbustos de la sombra temporal en el año 2,003, se procedió a separar las hojas verdes de las ramas y se pesó su totalidad obteniendo el peso fresco. De éste material se obtuvo una muestra compuesta de aproximadamente 200 g de peso fresco y fueron secadas en un horno a temperatura de 65 °C hasta peso constante (aproximadamente 72 horas) de exposición. Este mismo procedimiento se utilizó para el corte de los árboles de sombra permanente en el año 2,005.
2. **Peso de biomasa seca de tallos menores de 2 cm de diámetro.** En el corte de los arbustos de sombra temporal en el año 2,003, se procedió a separar los tallos verdes menores de 2 cm de diámetro y fueron pesados en su totalidad obteniendo el peso fresco. De este material se obtuvo una muestra compuesta de 200 g y sometido al mismo procedimiento de secado. De igual manera se realizó para el corte de las especies de árboles de sombra permanente en el año 2,005.
3. **Peso de biomasa seca de tallos mayores de 2 cm de diámetro.** Los tallos verdes mayores de 2 cm de diámetros de los arbustos de sombra temporal se colectaron y se pesó su totalidad obteniendo el peso fresco. De igual manera se procedió a obtener una muestra compuesta de 200 g de peso fresco posteriormente se le aplicaron los parámetros de secados antes mencionados, así mismo se procedió para las especies de sombra permanente.
4. **Peso de biomasa seca del tronco.** Los troncos de los arbustos corresponden al tallo principal, los que fueron pesados ya separados de los otros componentes obteniéndose el peso fresco en el año 2,003 para luego sustraer una muestra compuesta de 200 g que posteriormente fueron secadas al horno. Este mismo método se utilizó en el corte de árboles de sombra permanente en el año 2,005.

5. **Determinación del contenido de Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Potasio y Magnesio por componente.** Para la obtención de estos elementos minerales se preparó una muestra homogénea de materia seca de 200 g por componente y por especie, la que fue entregada al laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria para su análisis químico.
6. **Diámetro a la altura del pecho (DAP) en (cm).** Aquí se utilizó una cinta Diamétrica que nos permitió determinar el diámetro de cada árbol a la altura de 1.36 m.
7. **Altura de los árboles de sombra (m).** Para medir esta variable se utilizó una vara telescópica (réplicas I y II), midiendo la altura desde la base del árbol hasta la última rama de la copa del árbol. Para el caso de la réplica III se utilizó la pistola Haga para medir la altura tomando como referencia un punto a 1.5 m de la base del árbol a medir para alcanzar el ángulo requerido y la visión necesaria al ápice y poder tomar las medidas.

## **2.5. Procedimiento del raleo y corte de los árboles.**

En la toma de decisión para la ejecución del raleo de los árboles de sombra permanentes se consideraron los siguientes aspectos técnicos: se eliminaron primero los árboles mal formados, enfermos y con pobre crecimiento (raleo selectivo); los que tenían bifurcaciones, dejando solamente aquellos que presentaban características morfológicas deseables (Árboles sanos, rectitud del tronco, mayor diámetro y altura), pero también se eliminaron árboles buenos por consideración de espaciamiento y sombramiento para el cultivo de café.

El porcentaje establecido para el raleo de los árboles por especies de sombra fueron:

50 % para *Inga laurina*. En Orgánico Intensivo se realizó poda alta; mientras que en Orgánico extensivo fueron eliminadas las plantas; 33 % para *Tabebuia rosea*; 33 % para *Simarouba glauca*.

Para *Samanea saman* no se hizo raleo, por haber sido plantada dos años después de establecido el ensayo, no presentando las características fenológicas de los árboles que tenían cinco años al momento del raleo.

### **Proceso de corte:**

- ❖ Antes del raleo se midió la altura del árbol seleccionado con la ayuda de una vara telescópica y pistola Haga, para determinar el Incremento Medio Anual (IMA); también se midió el DAP con una cinta diamétrica para todos los árboles de sombra permanente, en el caso de la especie *Inga laurina* solo se consideró la altura por no haberse medido todas las bifurcaciones.
- ❖ Se cortaron las ramas principales con machete, con el propósito de no causar daño a los cafetos dejándolas caer en las calles del cultivo.
- ❖ Se cortaron las hojas de forma manual para hacer más eficiente el trabajo y posteriormente se recolectaron en sacos.
- ❖ Las ramas mayores de 2 cm de diámetro. se seleccionaron y cortaron con machete al igual que las ramas menores de 2 cm de diámetro.
- ❖ El corte del tronco se realizó con hacha a una altura de 5-10 cm del suelo.
- ❖ Cada componente (hojas, tallos menores 2cm, tallos mayores 2cm de diámetro y tronco), fueron pesados de forma individual para obtener el peso fresco.
- ❖ Se recolectaron las muestras compuestas de 200 g por componente de cada especie en bolsas de papel kraft. Para obtener el porcentaje de materia seca en el horno.
- ❖ La muestra compuesta por replica y componentes se hizo en el laboratorio cuando ya estaba seca para posteriormente analizar el contenido de nutrientes.

### **2.6. Manejo de restos vegetales.**

Las hojas y tallos menores de 2 cm de diámetros, fueron distribuidas equitativamente en las calles del cafetal para su descomposición en materia orgánica y ser aprovechadas por el sistema agroforestal con café. Mientras que los tallos mayores a 2 cm. de diámetro y tallos gruesos fueron extraídos del sistema en calidad de postes obtenidos de la especie de *T. rosea* y *S. glauca* y como producto de leña se extrajo de las especies *I. laurina*, *T. rosea* y *S. glauca*.

## 2.7. Análisis estadísticos de los datos.

A las variables de materia seca se les aplicó el procedimiento de ANDEVA con el propósito de determinar las diferencias estadísticas. Mientras que las variables provenientes de la sombra permanente correspondiente a los contenidos de materia seca y de nutrientes para diferentes componentes vegetales se obtuvieron promedios para análisis descriptivos debido a que no se obtuvo el número de observaciones requeridas para el análisis correspondiente; para ello se evaluó solamente los tipos de sombra.

### Descripción del MAL

$Y_{ijk} = \mu + r_k + a_i + (ra)_{jk} + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$ . Donde:

$Y_{ijk}$ : La k-ésima observación del i-j-  
enésimo tratamiento.

$\mu$ : Media general.

$r_k$ : Efecto de la replica o bloque.

$a_i$ : Efecto del aporte de hojarasca al  
mantillo por la combinación de árboles de  
sombra (Árboles de sombra, parcela  
grande).

$(ra)_{jk}$ : Error asociado a los árboles de  
sombra.(parcelas grandes).

$b_j$ : Efecto de los niveles de insumo.

$(ab)_{ij}$ : Efecto de interacción de los árboles  
de sombra con los niveles de insumo.

$e_{ijk}$ : Error asociado a los niveles de insumo  
(sub parcelas).

Si se designa:

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ . = Combinación de especies  
de árboles de sombra.

$j = 1, 2, 3, 4$ . = Niveles de insumo aplicados.

$k = 1, 2, 3$ . = número de bloques o replicas.

Para determinar el orden de comportamiento de los diferentes tratamientos y niveles de estudio, se aplicó la separación de medias para cada factor y la interacción, mediante el uso de la prueba de Diferencia Mínima Significativa (LSD). El programa estadístico que se utilizó fue el Statistic Análisis Systems versión 8 (SAS Institute Inc. 1,999).

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a Odum (1,965) la biomasa puede definirse como “la producción de materia seca por unidad de superficie” ( $\text{g cm}^{-2}$ ,  $\text{kg m}^{-2}$ ,  $\text{ton ha}^{-1}$ ), mientras que la productividad es “la biomasa por unidad de tiempo ( $\text{g cm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ,  $\text{ton ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ ). Las mediciones de biomasa son de interés tanto para los ecólogos como para los agrónomos y forestales, por su aplicación en la evaluación de la productividad. Existe una apreciable cantidad de literatura sobre mediciones de biomasa, concentrado en estudios ecológicos con énfasis en los sitios de nutrimentos y productividad primaria anual (Ellenberg, 1,971), dentro de estas publicaciones algunas se hallan relacionadas con la estimación de biomasa arbórea (Alder, 1,980).

Si se quiere conocer la productividad de un sistema es necesario conocer los métodos mas adecuados para medir la biomasa con el menor riesgo de error posible. Esto no es una tarea fácil y a través del tiempo se han implementados diferentes tecnologías, que se han adecuado a cada tipo de formación vegetal de acuerdo a su estructura y función (Hitchcock y Mc Donnel, 1,979).

Desde el punto de vista agroforestal, interesa conocer la biomasa actual del sistema o estática que Newbould (1,967) define como la cantidad total de materia viviente presente en un momento dado, y el flujo entre diferentes compartimientos, tales como hojas, tallos y ramas que caen naturalmente al suelo o por podas herbívoras, etc. (Fassbender, 1,983). Estos flujos están relacionados con la dinámica y la recirculación de los nutrimentos dentro del sistema (Duvigneat, 1,971).

En la actualidad, la creciente demanda por sistemas de producción más sostenibles y amigables con el ambiente, conlleva a la generación y validación de información que permita desarrollar pautas y/o criterios para maximizar el aprovechamiento de los recursos disponibles. En este sentido el presente trabajo, fué dirigido a cuantificar la biomasa que aportan y los nutrientes que se reciclan en las especies de sombra temporal y permanente de sistemas agroforestales de café bajo manejos convencionales y orgánicos.



### 3.1. Biomasa aportada por especies de sombra temporal (2,002-2,003).

La sombra temporal o provisional es la que se utiliza para proteger el café de los rayos directos del sol durante los dos primeros años de establecido. Entre las especie mas utilizada se encuentra el gandul (*Cajanus cajan*), crotalaria arbustiva (*Crotalaria* sp), higuierilla (*Ricinus communis* L.) y guineos o plátanos (musáceas), siendo estos últimos los más recomendados por los ingresos que pueden generar en esta primera etapa, cuando aún el café no ha entrado en producción (FHIA 2,004).

De acuerdo al análisis estadístico, los resultados indican que los aportes de biomasa total de las especies de sombra temporal no presentaron diferencias significativas en el 2,002 (Prob F= 0.2788) y 2,003 (Prob F = 0.1907). Sin embargo, en la sombra temporal compuesta por solo *R. communis* produjo en dos años 4,356.09 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca y en menor cantidad la combinación con las especies *Cajanus cajan* más *Ricinus communis* con 2,842 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2).

Cuadro 2 -Peso seco total (kg.ha<sup>-1</sup>.) de sombra temporal *Ricinus communis* y *Cajanus cajan* del año 2,002 y 2,003.

Sombra temporal	2,002			2,003			2,002 - 2,003
	Total <i>C. cajan</i>	Total <i>R. communis</i>	Total Biomasa	Total <i>C. cajan</i>	Total <i>R. communis</i>	Total Biomasa	Total biomasa.
<i>R c + C c</i>	556.89	691.35	1248.26	813.02	781.52	1,594.55	2,842.81
<i>R c</i>	-	1951.33	1,951.33	-	2,404.76	2,404.76	4,356.09
<i>C c</i>	869.75	-	869.75	2,100.63	-	2,100.63	2,970.38
Prob F	0.2788			0.1907			

*R c: Ricinus communis; Cc: Cajanus cajan.*

La diferencia de estos aportes de biomasa se atribuye principalmente a la especie *R. communis* que presentó un crecimiento vegetativo agresivo, es más suculenta y de mayor grosor de acuerdo a los atributos de esta especie definidos por el Banco Central de Nicaragua (1,997) permitiéndole un posible aprovechamiento más eficiente de los nutrientes del suelo, luz, humedad, etc., b que se traduce a una mayor acumulación de biomasa, con respecto a *C. cajan* que presenta un crecimiento más lento, una estructura más lignificada y de menor grosor (Duke 1,981).

Cuando las especies están establecidas de forma homogénea no existe interferencia entre ambas mostrando estas ser mas eficientes en la producción de biomasa. En cambio cuando hubo combinaciones mixtas de especies leguminosas y no leguminosas la producción de biomasa fue menor por ambas especies, debido a ciertos grado de interferencia como: competencia por espacio, luz, agua y nutrientes y cierto grado de alelopatía y mutualismo por tanto, según Fassbender (1,984), la composición bioquímica de los restos vegetales varia dentro de grandes limites según la edad y funciones del órgano vegetal analizado. Los tejidos verdes son mas ricos en carbohidratos y proteínas, y los tejidos leñosos presentan mayores contenidos en compuestos fenólicos, lignina y celulosa. Palm (1,995), refuta que los contenidos de polifenoles y ligninas son factores adicionales que influyen en la liberación de los nutrientes de la hojarasca y otros residuos vegetales, ya que ambos disminuyen la calidad de los materiales vegetales por lo tanto la selección de especies que serán asociadas en un Sistema agroforestal (S.A.F) deberá ser cuidadosa, deben buscarse mutualismo y evitarse alelopatia o fuerte competencia, según Haarer (1,969), indica que no es recomendable establecer sombras temporales de lento y rápido crecimiento cuando son de esperarse periodos de tiempo seco por que es evidente que las plantas de lento crecimiento están expuesta a sufrir más por la competencia radicular de las plantas de rápido crecimiento, que por la falta de ella. Cuando se siembra una planta de rápido crecimiento junto a plantas de lento crecimiento puede quitar mucha luz, aire, nutrimentos, humedad etc.; de tal manera que disminuye el desarrollo para las especies de crecimiento lento. Además las raíces de las plantas de sombra estarán muy cercanas las cuales reaccionarán entre ellas en su competencia por la humedad y los nutrimentos. En los sistemas agroforestales con café, según Nair (1,997) pueden darse variaciones por la diferencia de las características del sitio, métodos del muestreo, prácticas de manejo, densidad de siembra de especies de sombra y tipos de especies.

La especie leguminosa *C. cajan* en los años 2,002 – 2,003 fue el que aportó la menor cantidad de biomasa, en estos mismos años la especie no leguminosa *R. communis* aportó el mayor contenido de biomasa, pero se puede observar que para el año 2,002 el contenido de biomasa de ambas especies es menor (Anexo 5), ya que estos datos de biomasa son el resultado de poda y raleo de ambas especies, en cambio en el año 2,003 el contenido de biomasa aumentó debido a que es el resultado del corte total de las dos especies, ambas plantas tenían mayor edad y mayor desarrollo en su estructura morfológica (Anexo 6). Según Gooding (1,984), afirma que

el contenido de materia seca evoluciona en función de la composición morfológica y la velocidad de crecimiento de la planta, es decir que a mayor edad de la planta mayor cantidad de materia seca.

Según Fassbender (1,984), el desarrollo vegetativo de las plantas en un área determinada depende de los factores ambientales y edafoclimáticos (suelo, clima, relieve y tiempo), suministrando residuos vegetales como hojas, flores y frutos, raíces y tallos al suelo que al descomponerse son incorporados al material mineral del suelo.

### 3.2. Contenido de nutrientes en biomasa de sombra temporal (2,002–2,003).

De acuerdo con Fassbender (1,993), explica que la cuantificación de las reservas y transferencias de los elementos minerales (N, P, K, Ca y Mg.), en un agro sistema implica el estudio de la biomasa y de la concentración de estos elementos en los diferentes órganos o compartimentos (hojas, tallos y troncos de las plantas). En relación al presente estudio los resultados indican que los contenidos de biomasa total en los compartimentos (hojas y tallos) de las especies de sombra temporal varían en los diferentes tratamientos implementados en el ensayo.

Cuadro 3 - Contenido de nutrientes totales de sombra temporal *Ricinus communis* y *Cajanus cajan* 2,002 y 2,003 en kg.ha<sup>-1</sup>.

Tipsom	Total 2,002					Total 2,003				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
<i>Rc + Cc</i>	20.30	5.93	33.93	19.45	9.18	24.88	1.13	40.82	13.92	10.98
<i>Rc</i>	37.46	12.72	74.07	30.96	24.48	44.49	15.31	91.20	37.15	32.28
<i>Cc</i>	11.54	2.31	12.13	2.01	0.82	26.89	5.53	28.91	4.69	1.92

Tipsom: Tipo de sombra., *Rc*: *Ricinus communis*, *Cc*: *Cajanus cajan*

En Cuadro 3, se observa que los mayores contenidos de nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) son aportados donde se estableció solo *R. communis* y el menor contenido es expresado en el nivel de sombra donde se estableció solo la especie *C. cajan*. Estas diferencias de nutrientes están definidas básicamente por el aporte significativo de materia seca de la especie *R. communis* (Cuadro 2) y a las altas concentraciones de elementos en sus componentes (Anexo 9), siendo lo contrario con la especie *C. cajan*.

La diferencia en los contenidos de nutrientes (N; P; K, Ca y Mg) asimilados en la materia seca de las especies de sombra temporal *C. cajan* y *R. communis* puede estar influenciada por efectos de competencia entre las plantas y desarrollo del sistema radical, así como, también por cada fase de desarrollo vegetativo de la planta, Según Sánchez (1,999), la cantidad de nutrientes removidos por un cultivo desde el suelo, está bien relacionado con el uso óptimo, tanto en el crecimiento vegetativo (follaje), como en la producción de frutos. En general, la asimilación de N, P y K, sigue el curso de la acumulación de la biomasa. Sin embargo, el conocimiento de la absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes etapas del cultivo, identificando la épocas en que los elementos son exigidos en mayor cantidad, es necesario que esté bien determinado porque cada especie y cada variedad tienen necesidades específicas de los distintos nutrientes, los cuales deben ser suplementados de acuerdo a estas necesidades.

En los tratamientos donde se estableció el tipo de sombras mixta *R. communis* mas *C. cajan* la primera especie aporta el mayor contenido de nutrientes por la contribución significativa de materia seca (Cuadro 3) y mayores concentraciones de minerales en sus componentes (Anexo 9) superando siempre a la especie *C. cajan*.

Con respecto a los resultados obtenidos del total de nutrientes provenientes de la materia seca de la sombra temporal en el año 2,002 y 2,003, se encontró que en los tratamientos donde se estableció de forma mixta *R. communis* y *C. cajan* los contenidos del nitrógeno en la biomasa de ambas especies son menores al potasio con una relación N/K de 1:1.6 estas diferencias se atribuyen al *R. communis* por su alta producción de biomasa (Cuadro 2), y según el BCN (1,977), ésta tiene una mayor capacidad de absorción de nutrientes por el tipo de sistema radicular que presenta. Solórzano (1,997), explica que el K es un elemento bastante demandado por las plantas después del Nitrógeno, aunque algunos cultivos acumulan mayores cantidades de K que de N, permitiendo que se acumulen cantidades considerables en la biomasa de las especies, logrando que los abonos o residuos orgánicos de origen vegetal repercutan en su disponibilidad en el suelo.

En los tratamientos donde se estableció solo *R. comunis* como sombra temporal se presentaron los valores más altos de potasio con una relación N/K de 1:2 (Cuadro 3). Esta tendencia se debe a las características fisiológicas de la especie definido por el BCN (1,977) y a lo explicado por Solórzano (1,997) y a la mayor producción de materia seca (Cuadro 2).

Donde se estableció solo *C. cajan* como sombra temporal, se obtuvieron los valores mas bajos en el aporte de nutrientes debido a la menor biomasa producida, relacionado básicamente a las características morfológicas y fisiológicas de ésta especie definidas por Duke (1,981) y a sus bajas concentraciones de nutrientes en sus componentes (Anexo 9) la que obtiene una relación N/K de 1:1 absorbiendo de forma similar las mismas proporciones de nitrógeno y potasio (Cuadro 3).

De igual manera en los años 2,002 y 2,003, la relación P/K existente en los diferentes tratamientos, se pudo observar que donde se establecieron de forma mixta *R. communis* + *C. cajan*, tuvo una relación de 1:5.6 y donde se estableció sola *R. communis* como sombra temporal se obtuvo una relación de 1:5.8. No obstante con solo la presencia de *C. cajan* como sombra temporal la relación fue de 1:5.2. Estas relaciones indican que ambas especies absorben más potasio que fósforo (Cuadro 3).

Fassbender (1,993), explica que el fósforo (P) es relativamente estable en los suelos. No presentando compuestos inorgánicos como por ejemplo los nitrogenados que pueden ser volatilizados y lixiviados. De esta alta estabilidad resulta una baja solubilidad que a veces causa deficiencia de disponibilidad de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo. Según Solórzano (1,997), el fósforo no se mueve en el suelo o tiene poca movilidad. Esta situación es consecuencia del comportamiento del fósforo del suelo, donde los fosfatos solubles al reaccionar con los componentes del suelo tienden a formar compuestos de baja solubilidad y consecuentemente su concentración en la solución del suelo es muy baja. El fósforo es esencial para la formación de semillas y se acumula en grandes cantidades en semillas y frutos.

Por otro lado, los bajos contenidos de fósforo según Fassbender (1,993), se deben a que las necesidades de fósforo de los cultivos es generalmente menor que la de otros elementos nutritivos. Sin embargo, las diferencias de fósforo son muy comunes por la baja disponibilidad y su transformación en el suelo.

### **3.3. Biomasa producida por especies de sombra permanente por poda 2,004 y raleo 2,005.**

La agroforestería es la ciencia que combina elementos de agricultura con elementos de forestería en sistemas de producción sustentables en la misma unidad de tierra. Sin embargo,

sólo recientemente se han desarrollado los conceptos modernos de agroforestería y hasta la fecha no ha evolucionado ninguna definición aceptable universalmente, a pesar de que se han sugerido muchas. ICRAF (El Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería) 2,003, la define de la siguiente manera: La agroforestería es la ínter disciplina y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta interacción espacial y/o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, o leñosas, no leñosas y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente.

Cualquiera sea la definición, generalmente se está de acuerdo en que la agroforestería representa un concepto de uso integrado de la tierra que se adapta particularmente a las zonas marginales y a los sistemas de bajos insumos. El objetivo de la mayoría de los sistemas agroforestales es el de optimizar los efectos benéficos de las interacciones de los componentes boscosos con el componente animal o cultivo para obtener un patrón productivo que se compara con lo que generalmente se obtiene de los mismos recursos disponibles en el monocultivo, dadas las condiciones económicas, ecológicas, y sociales predominantes (Nair 1,982).

Los árboles pueden explotar las reservas minerales más profundas en la roca parental y recuperar los nutrientes lixiviados y depositarlos sobre la superficie como hojarasca. Como consecuencia de la actividad fotosintética de los vegetales, se forma una masa viviente que se denomina biomasa. Sin embargo, ésta es transformada posteriormente por los distintos niveles de seres vivos que conocemos en materia orgánica aumentando el contenido de humus del suelo, el cual a su vez aumenta su capacidad de intercambio de cationes y disminuye las pérdidas de nutrientes. La materia orgánica adicionada al descomponerse en el suelo, ejerce una serie de efectos benéficos, solubiliza nutrientes, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y retención de agua, reduce la toxicidad de pesticidas y otras sustancias y libera lentamente nutrientes mejorando la nutrición de las plantas (Solórzano. 1,997).

Los restos vegetales de cualquier naturaleza que bajo una vegetación permanente caen periódicamente al suelo, constituyen la principal fuente de materia orgánica, estos residuos contribuyen a la fertilidad y protección al suelo de la erosión y ayuda a mantener la humedad en época seca (Labrador, 1,996).

Las diferencias en la contribución a la materia seca total de un sistema a otro, sugieren que las tendencias varían de acuerdo a las características de las especies, las condiciones que crean las combinaciones y las labores del manejo. La no significancia en el efecto del manejo, en los aportes totales de materia seca de los sistemas evaluados sugiere, por una parte, el manejo no es un factor determinante que favorezca o limite las condiciones para la producción significativa de biomasa de un sistema frente a otro. Por otro lado, podría deberse a que las interacciones de las especies asociadas, permiten que los aportes totales se compensen, a pesar de las diferencias encontradas dentro los estratos (Beer, 1,982).

### **3.3.1.- Cantidad de materia seca por efecto de especies de sombra permanente por manejo de poda.**

El objetivo principal de la poda en sistemas agroforestales es la reducción de la sombra sobre los cultivos, y la realización dependen de las condiciones climáticas del sitio (p. ej., no podar en época seca en caso de combinación con cultivos que necesitan protección del sol en verano) y los periodos de desarrollo de los árboles. Una poda prematura podría provocar malas formas de crecimiento de ejes, tal el caso de *T. rosea* (Cordero y Boshier 2,003).

Los resultados indican que los aportes de biomasa total de poda en el nivel de sombra permanente  $Il+Sg$  (*I. laurina* + *S. glauca*) aporta al sistema el mayor promedio de materia seca con 2,242.92 kg ha<sup>-1</sup> en los componentes hojas mas tallos menores de 2 cm de diámetro. En este mismo tipo de sombra se obtienen los mayores aportes de materia seca con 3,452.48 kg ha<sup>-1</sup> correspondiente a los componentes ramas y tallos mayores de 2 cm de diámetro a partir de la poda 2,004 (Cuadro 4), los cuales fueron extraídos del sistema en forma de leña. Estos mayores aportes están influenciados por la especie *I. laurina* que contribuye con un 81 % de materia seca en componentes menores y 89 % en componentes mayores a 2 cm de diámetro.

El menor aporte de materia seca al sistema esta dada por el tipo de sombra  $Sg+Tr$  con un peso promedio total de 449.32 kg ha<sup>-1</sup> en los componentes hojas mas tallos menores de 2 cm de diámetro. En este mismo sistema de sombra, se extrae la menor cantidad con 442.44 kg ha<sup>-1</sup> de materia seca (Cuadro 4), correspondiente a tallos mayores de 2 cm de diámetro.

Cuadro 4- Cantidad de materia seca producida por poda en 2,004 de los árboles de sombra permanente.

Sombra permanente	Materia seca (kg.ha <sup>-1</sup> .) de hojas y tallos menores de 2 cm de diámetro.			Materia seca (kg.ha <sup>-1</sup> .) de tallos mayores a 2 cm de diámetro		
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total
II + Sg	415.32	1,827.59	2,242.92	388.74	3,063.74	3,452.48
Sg + Tr	449.32	-	449.32	442.44	-	442.44
Ss + II	-	1,888.87	1,888.87	-	3,104.44	3,104.44

II: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Los mayores aportes de materia seca por el tipo de sombra II+Sg tanto en los componentes hojas mas tallos menores como tallos mayores de 2 cm de diámetro a partir de la poda 2,004, se deben a la influencia que tiene la especie *I. laurina* ya que según Vindel y Pantoja (2,004), esta especie presenta un mayor diámetro de copa siendo de naturaleza baja y amplia y mayor numero de ramas, lo cual permite que la poda sea más intensa produciendo más biomasa en comparación con *T rosea* y *S glauca* donde se producen los menores aportes de materia seca debido básicamente a las características morfológicas de las especies maderables de copa alta y angosta (Foto 3 y 4) lo cual permite una poda menos rigurosa lo que atribuye a una menor producción de biomasa.

Por otro lado, se puede observar que los tallos mayores a los 2 cm de diámetro producen el mayor promedio de materia seca, frente a los componentes hojas más tallos menores a 2 cm de diámetro (Cuadro 4). Estas diferencias de materia seca se deben a que los tallos mayores de 2 cm de diámetro en su estructura presentaron mayor volumen y peso fresco, pero los contenidos de N, P, K, Ca, fueron menores debido básicamente a las concentraciones de nutrientes en los componentes de las especies siendo estas mayores en las hojas mas tallos menores de 2 cm de diámetro excepto el Mg que se encuentra en mayor cantidad en los tallos mayores a 2 cm de diámetro (Anexo 22).

### 3.3.2- Raleo de árboles de sombra y producción de materia seca en 2,005.

De las cuatro especies de sombra permanente, se exceptuó del raleo a *S. saman* debido a que no presentaban las características fenológicas de los árboles en cuanto a altura y diámetro



como parámetros de crecimiento al momento del raleo por haber sido plantada en 2,003, o sea dos años después de establecido el ensayo.

La práctica de raleo ejecutada dio como resultados que las poblaciones iniciales de las especies se redujeron en aproximadamente un 41.35 % en el sistema *Il + Sg*; mientras que en *Sg+Tr* fueron eliminados un 43.5 %; mientras que un 15.6 % fueron cortado los árboles en *Ss+Il* (Cuadro 5); esto implicó que la mitad de los árboles corresponde a una de las especies de sombra. Dichos resultados mostrados no establece concordancia con el criterio definido en cuanto a eliminarse el 50 % de la población inicial, producto del proceso de selección que se aplicó y se fue definiendo de acuerdo a las características observadas en cada una de los árboles.

Cuadro 5. Total de árboles y porcentajes raleados por ha.

Sombra permanente	<i>S. glauca</i>		<i>I. laurina</i>		<i>T. rosea</i>		<i>S. saman</i>		Total	
	Población inicial	Raleo %	Población inicial	Raleo %	Población inicial	Raleo %	Población inicial	Raleo %	Población inicial	Raleo %
<i>Il+Sg</i>	333	46.7	333	36	-	-	-	-	666	41.35
<i>Sg+Tr</i>	333	40.5	-	-	333	46.5	-	-	666	43.5
<i>Ss+Il</i>	-	-	333	31.2	-	-	333	0	666	15.6
<i>Ss+Tr</i>	-	-	-	-	333	0	333	0	666	0
Promedio	-	43.6	-	33.6	-	46.5	-	0	-	25

*Il: Inga laurina; Sg: Simarouba glauca; Ss: Samanea saman, Tr: Tabebuia rosea.*

Con respecto a las variables altura de planta, DAP y el IMA, se puede observar que las especies *I. laurina* y *S. glauca* alcanzaron promedios de altura con 6.87 y 7.18 m respectivamente superando la segunda especie con una diferencia mínima de 0.31 m de altura, determinándose el IMA de 1.55 m para ambas especies, encontrándose este valor en el rango obtenido en estudios realizados por Cordero y Boshier (2,003), obteniendo un IMA de 0.8 a 1.8 m en plantaciones de *S. glauca* establecidas en el Municipio de Mateares, Nicaragua, bajo condiciones de Bosque seco. Este mismo autor indica que la especie *I. laurina* en un ensayo realizado por CATIE en bosque seco en Costa Rica alcanzo un IMA de 1.5 m resultados muy similares al obtenido en la presente investigación.

Las diferencias en altura se deben probablemente a la interacción de árboles, existiendo competencia principalmente por luz, donde *I. laurina* es una especie de crecimiento rápido y producción de follaje exuberante, que obliga al crecimiento de *S. glauca* favoreciendo una

mayor altura, además *I. laurina* se caracteriza por tener un crecimiento más horizontal y ha sido sometida a podas más frecuente.

Cuadro 6. Resultados de altura (m), D.A.P (cm) e I.M.A (m) de árboles raleados en 2,005 a los que se le midió biomasa.

Sombra permanente	<i>S. glauca</i>			<i>I. laurina</i>		<i>T. rosea</i>		
	Altura (m)	IMA (m año <sup>-1</sup> )	DAP (cm)	Altura (m)	IMA (m año <sup>-1</sup> )	Altura (m)	IMA (m año <sup>-1</sup> )	DAP (cm)
II Sg	7.18	1.55	10.04	6.87	1.55	-	-	-
Sg Tr	7.30	1.57	13.16	-	-	6.92	1.5	12.83
Ss II	-	-	-	7.43	1.57	-	-	-

II: *Inga laurina*; Sg: *Simarouba glauca*; Ss: *Samanea saman*., Tr: *Tabebuia rosea*.

En la combinación de árboles *Sg+Tr* la especie *S. glauca* y *T. rosea* obtuvieron resultados similares de altura (7.3 y 6.92 m respectivamente); así como en el DAP (13.16 y; 12.83 cm respectivamente) (Cuadro 6). Lo que indica que hay menor grado de competencia principalmente de luz entre estas dos especies por ser maderables y presentar características morfológicas similares y a lo explicadas anteriormente por Cordero y Boshier (2,003) respecto al tipo de copas. Los resultados del IMA para *S. glauca* y *T. rosea* fueron muy similares con 1.57 y 1.5 m respectivamente, similares a los valores encontrados por Cordero y Boshier (2,003), en árboles de *T. rosea* y *S. glauca* a edades de 3 a 5 años, en bosques secos de América Central con un IMA entre 0.7 a 2.2 m y 0.8 a 1.8 m. respectivamente.

Al compararse el crecimiento de *S. glauca* presente en los sistemas de sombra *II+Sg* y *Sg+Tr*, se puede observar que en el sistema mixto (leguminosa + maderable) la altura de esta especie es menor a la alcanzada en la sombra de maderables, también se puede observar que en el sistema de sombra solo maderable, el DAP es mayor, donde el grado de competencia por luz y espacio es menor lo que atribuye a un incremento en DAP, lo que concuerda con las características mencionadas por Cordero y Boshier (2,003).

Por otro lado, se puede observar que la especie *I. laurina* alcanza alturas promedio similares en los sistemas de sombra *II+Sg* y *Ss+II* con 6.87 y 7.43 m respectivamente, determinándose IMA similares con 1.55 y 1.57 m. respectivamente (Cuadro 6). Esto indica que esta especie en combinación con leguminosas y maderables, no hay interferencia en su crecimiento por su carácter dominante.

En el cuadro 6, se puede observar de manera general que la altura promedio alcanzada por las especie *S. glauca*, *I. laurina* y *T. rosea* es similar encontrándose en un rango de 6.92 a 7.43 m y de igual manera el IMA alcanzado es similar en un rango de 1.5 a 1.56 cm. También el DAP encontrado en el tipo de sombra *Sg+Tr* es similar para ambas especies con 13.16 y 12.83 cm respectivamente, mientras que *S. glauca* en el tipo de sombra *II+Sg* presenta el menor DAP con 10.04 cm.

La actividad de raleo permite mantener las poblaciones arbóreas dentro de los límites aceptables para la producción de los cultivos asociados. Son, además, una oportunidad para sacar algunos productos arbóreos. Decidir sobre la ubicación de los árboles que quedan para limitar la sombra sobre los cultivos (p.ej., dejando más árboles en los linderos que en medio de las parcelas agrícolas); Además de la densidad y la ubicación, en el raleo se toma en cuenta la forma y sanidad de los árboles, eliminando los enfermos, torcidos o bifurcados (Cordero Boshier 2,003).

El mayor aporte de materia seca al sistema por los componentes hojas más tallos menores de 2 cm de diámetros son presentados por el tipo de sombra *Sg+Tr* con 4,075.72 kg ha<sup>-1</sup> determinando la especie *T. rosea* la mayor cantidad de materia seca con 53 %, mientras que *S. glauca* produjo el menor porcentaje y en los componentes tallos mayores a los 2 cm de diámetro es producido por el tipo de sombra *II+Sg* con 5,211.4 kg ha<sup>-1</sup> los cuales son extraídos del sistema en forma de leña y postes, en este tratamiento tiene un mayor impacto en producción de materia seca la especie *I. laurina* quien produjo 66 % no obstante la especie *S. glauca* produjo el menor porcentaje de materia seca (Cuadro 7). El menor aporte de materia seca al sistema por los componentes hojas más tallos menores a los 2 cm de diámetros está dado por el tipo de sombra *Ss+II* con 1,211 kg ha<sup>-1</sup>, de igual manera en los componentes tallos mayores a los 2 cm de diámetro este mismo sistema de sombra produce el menor aporte de materia seca con 4,220.32 kg ha<sup>-1</sup>, siendo este extraído del sistema como leña y poste (Cuadro 7).

La mayor cantidad de materia seca producida por *Sg+Tr* en los componentes hojas más tallos menores a los 2 cm de diámetros, se debe al raleo de dos especies, donde la especie *T. rosea* presentó el mayor aporte de materia seca ya que esta especie en el 2,004 no fue podada, permitiendo una mayor acumulación de materia seca para el momento del raleo en el año

siguiente (2,005), superando la producción de las otras especies (*S. glauca* e *I. laurina*) (Cuadro 7),

Cuadro 7. Materia seca producida por raleo en 2,005 de los árboles de sombra permanente.

Sombra permanente	Materia seca (kg.ha <sup>-1</sup> ) de hojas y tallos menores a 2 cm de diámetro				Materia seca (kg.ha <sup>-1</sup> ) de tallos mayores a 2 cm de diámetro.			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	1,679.54	1,072.64		2,752.2	1,774.3	3,436.79		5,211.0
Sg + Tr	1,895.77		2,179.95	4,075.7	2,025.9		2,995.2	5,021.2
Ss + Il		1,211.00		1,211.0		4,220.32		4,220.3

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

En SAF con café, las frecuencias de poda del estrato arbóreo afectan la acumulación de biomasa y nutrientes que retornan al suelo; si las podas por año aumentan sucesivamente, decrece la acumulación de biomasa producida en la parte aérea, así como la caída natural de hojarasca y por ende, los nutrientes contenidos en esta (Ruso 1,986). Mientras que en el tipo de sombra *Il+Sg* los componentes tallos mayores a los 2 cm de diámetro fueron los que produjeron la mayor cantidad de materia seca, este promedio se debe a que en este tipo de sombra se ralearon las especies *I. laurina* y *S. glauca* (Cuadro 7), siendo la primera especie sometida a poda en el 2004, sin embargo sobresale en la producción de biomasa, lo que esta relacionado a que algunas especies presentaban mas de un tronco, mayor cantidad de tallos mayores de 2 cm de diámetro y a sus características morfológicas según Vindel y Pantoja (2,004).

La cantidad de materia seca producida tanto por los componentes hojas mas tallos menores de 2 cm y tallos mayores de 2 cm de diámetro fue menor en *Ss+Il*, producto del raleo de una sola especie *I. laurina* (Cuadro 7) ya que la especie *S. saman* se introdujo al sistema dos años después del establecimiento de la sombra permanente sustituyendo a *Enterollobium ciclocarpum*.

Comparando la producción de materia seca entre los componentes, los tallos mayores de 2 cm de diámetro, aportaron la mayor cantidad de materia seca influenciado por un mayor diámetro de fuste, mayor cantidad de tallos gruesos obteniéndose un mayor volumen de peso fresco el cual es directamente proporcional al peso seco. Sin embargo, los contenido de nutrientes (N,

P, K, Ca y Mg) fueron menor con respecto a los componentes hojas mas tallos menores de 2 cm de diámetro, influenciado por las concentraciones de elementos minerales en los ellos (Anexo 22).

### **3.4. Contenido de N, P, K, Ca y Mg ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), en la materia seca de sombra permanente por poda (2,004) y raleo (2,005).**

Existen 16 nutrimentos que se consideran esenciales para el desarrollo vegetal, utilizados en mayor cantidad el C, H, O, que se obtienen principalmente del agua y el aire. Como elementos mayores, la planta absorbe del suelo N y K, aunque el N puede ser fijado biológicamente de la atmósfera por algunas bacterias que se asocian a leguminosas. El P generalmente se incluye dentro de este grupo (esencial), aunque se aplica en grandes cantidades, el consumo de este por la planta es muy ineficiente.

Como elementos medios se consideran el Ca, Mg y S; mientras que el Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl y Ni como elementos esenciales, pero que se requieren en pequeñas cantidades conocidos como Oligoelementos o micro nutrimentos. Otros elementos (no esenciales), pero que en algunos casos pueden ser muy beneficiosos a las plantas son el Co, Si, Na, Ga y Va. También existen elementos que resultan tóxicos a las plantas, como Al, Pb y Hg (Bertsch 1,998).

La mayor parte de los aspectos del ciclo de nutrientes es afectada directamente por la selección de las especies de sombra, que difieren en la producción de biomasa aérea, producción de raíces finas y porcentaje de descomposición de su biomasa (Palm 1,995). El manejo de sombra (especialmente poda) tiene un efecto crítico en el ciclo de nutrientes, ayuda al mantenimiento del microclima de la superficie del suelo de los cultivos y provee una herramienta para manipular el tiempo y la cantidad de nutrientes transferidos del árbol al suelo (Beer *et. al* 1,998). El aporte de biomasa y nutrientes (especialmente hojas y ramas) depende, además de las especies involucradas, de las condiciones climáticas reinantes (Fassbender 1,992).

### 3.4.1- Contenidos de nutrientes en materia seca por poda de árboles de sombra en 2,004.

#### Nitrógeno (N).

A partir de la poda de árboles de sombra los mayores contenidos de N aportados por los componentes hojas mas tallos menores de 2 cm de diámetro están dados por el tipo de sombra *Il+Sg* con un promedio total de 48.69 kg ha<sup>-1</sup> los cuales quedan en el sistema en forma de mulch, y 27.26 kg ha<sup>-1</sup> en componentes tallos mayores a 2 cm de diámetro que salen del sistema en forma de leña (Cuadro 8).

El mayor contenido de N esta influenciado por la producción de materia seca producto de la poda de dos especies *I. laurina* y *S. glauca* en este sistema agroforestal, sobresaliendo *I. laurina* que aporta 81 y 89 % de materia seca respectivamente a los componentes vegetales (Anexo 10), además esta misma especie por ser leguminosa se caracteriza por la fijación biológica de N molecular en la que participan bacterias del genero *Rhizobium* en las raíces y provocan la formación de nódulos en los que tiene lugar dicho proceso (Fuentes 1,994), lo que contribuye a que este elemento sea mas aprovechado y por ende una mayor concentración en sus componentes, principalmente en hojas y tallos menores a los 2 cm de diámetro (Anexo 22) ya que este mismo autor expresa que las hojas suelen ser las partes de la planta con mayor riqueza en N y por lo tanto dentro de las especies cultivadas, las leguminosas asimilan en mayor cantidad este elemento.

Los menores aportes de N se dan en el tipo de sombra *Sg+Tr* tanto en componentes menores con 7.64 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, como en componentes mayores a 2 cm de diámetros con aportes de 2.34 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cuadro 8). Debido a que en este tipo de sombra, solamente *S. glauca* fué sometida a poda y su producción de materia seca fué menor (Anexo 10), además *S. glauca* es una especie no leguminosa y presenta una estructura vegetativa estrecha de su copa (Foto 3), lo que atribuye a producir una menor cantidad de hojas y tallos menores a 2 cm de diámetros traducido a una menor producción de biomasa y por ende a un menor contenido total de N. Con respecto a *T. rosea* no fué intervenida por no presentar un buen crecimiento vegetativo de ramas, copa y hojas, y según (Cordero y Bosier 2003), esta especie no soporta una poda muy frecuente por ser de copa estrecha, su crecimiento es variado de rápido a lento dependiendo del sitio, además, una poda prematura en esta especie puede causar deformaciones en la planta.

Cuadro 8. Contenido de N, P, K, Ca y Mg en materia seca de poda en 2,004 en kg.ha<sup>-1</sup>.

Sombra permanente	Hojas y tallos menores a los 2 cm de diámetro.					Tallos mayores a los 2 cm de Diámetro.				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Il + Sg	48.69	5.5	21.77	72.57	1.06	27.26	4.55	17.75	36.92	1.98
% reciclado	64	55	55	66	35	-	-	-	-	-
Sg + Tr	7.64	0.93	4.23	15.5	0.21	2.34	0.58	1.77	3.35	0.29
Ss + Il	41.77	4.36	17.31	60.47	0.83	23.74	4.28	15.93	30.09	1.62

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Los contenidos de N provenientes de los componentes vegetales menores y mayores a 2 cm de diámetros contribuyen con 75.95 kg ha<sup>-1</sup> en el sistema de sombra Il+Sg de estos el 64 % queda en el sistema como mulch producto de poda, y la diferencia es extraída del sistema en forma de leña (Cuadro 8).

### Fósforo (P)

Al comparar el aporte total de fósforo, se observan diferencias numéricas con mayor acumulación en los tejidos bajo el efecto de la sombra Il+Sg, en componentes menores con 5.5 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> que se incorporaran nuevamente en el sistema y en componentes mayores a los 2 cm de diámetro se logran acumular 4.55 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 8), el cuales es extraído del sistema en forma de leña. Esta mayor acumulación de P en este tipo de sombra corresponde a la alta contribución de materia seca vegetal de la especie *I. laurina* con 81 y 89 % respectivamente a los componentes vegetales (Anexo 10), influenciado por las características descritas por Vindel y Pantoja (2,004), mientras que Fuentes (1,994) indica que la asimilación del P se favorece cuando hay un buen nivel de materia orgánica y de fósforo en el suelo.

Los menores contenidos de P, están dadas por el tipo de sombra Sg+Tr tanto en los componentes menores con 0.93 kg ha<sup>-1</sup> como en los componentes mayores a los 2 cm de diámetro con 0.58 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 8), esta menor acumulación de P corresponde a la baja producción de materia seca por la poda de solo *S. glauca* (Anexo 10) en el sistema agroforestal, con menor rigurosidad, por presentar menos desarrollo vegetativo; así como el *T. rosea* no se pudo por presentar una estructura vegetativa reducida y según Cordero y Boshier (2,003), esta especie soporta una cantidad limitada de podas.

Por otro lado, tanto los componentes vegetales menores y mayores a 2 cm de diámetro contribuyen al sistema con  $10.05 \text{ kg ha}^{-1}$  de P en el sistema de sombra *II+Sg*, del cual el 55 % del total de éste nutriente asimilado se queda en el sistema y la diferencia es extraída en forma de leña (Cuadro 8).

### **Potasio (K)**

Los aportes totales de K fueron mayores en el tipo de sombra *II+Sg* en hojas mas tallos menores a 2 cm de diámetro con  $21.77 \text{ kg ha}^{-1}$  como en tallos mayores a 2 cm de diámetros con  $17.75 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 8), ambos resultados están determinados básicamente al aporte de materia seca producida en ambas especies, de lo cual *I. laurina* contribuye con un 81 y 89 % de materia seca respectivamente a los componentes vegetales (Anexo 6). Las menores cantidades de K se encuentran en el tipo de sombra *Sg+Tr* aportando  $4.23 \text{ kg ha}^{-1}$  en hoja mas tallos menores a 2 cm de diámetro y  $1.17 \text{ kg ha}^{-1}$  en los tallos mayores a 2 cm de diámetro (Cuadro 8), resultados que están determinado por la baja producción de materia seca por efecto de poda en solamente *S. glauca* (Anexo 10).

En el tipo de sombra *II+Sg*, las especies de árboles *I. laurina* y *S. glauca* juntas contribuyen con  $39.52 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, del cual el 55 % de éste nutriente se queda en el sistema como mulch en la materia seca y la diferencia es extraída del sistema en forma de leña (Cuadro 8).

### **Calcio (Ca)**

Se encontró mayor concentraciones de Ca en el sistema de sombra *II+Sg* tanto para hojas mas tallos menores como para tallos mayores a 2 cm de diámetro obteniendo  $72.57$  y  $36.92 \text{ kg Ca ha}^{-1}$  respectivamente (Cuadro 8). Estos contenidos de Ca están en función de las cantidades de materia seca que es aportada por la poda en *I. laurina* y *S. glauca* (Anexo 10), siendo directamente proporcional con la cantidad de materia seca; lo que coincide con Altamirano (2,005) en este mismo ensayo en su estudio de biomasa y nutrientes de mantillo en 2004 obteniendo el mayor cantidad de Ca bajo el mismo sistema de sombra. De igual manera, Romero (2,006), en un estudio en Turrialba, Costa Rica en sistema agroforestales con café bajo sombra con poró (*Erythrina poeppigiana*) y cashá (*Chloroleucon eurycyclum*), obtuvo resultados donde indican que los mayores aportes totales de Ca se encuentran en los tratamientos con leguminosas, al compararlo frente a los tratamientos con maderable.



Al contrastar la menor cantidad de los aportes totales de Ca en SAF, fueron obtenidos por el sistema de sombra *Sg+Tr* para componente menores y mayores a 2 cm de diámetro con 15.5 y 3.35 kg Ca ha<sup>-1</sup> respectivamente, este último es extraído del sistema en forma de leña, lo que puede estar en función de la concentración de este elemento en los componentes (Anexo 22) y a las cantidades de materia seca aportada, siendo el caso de la especie *S. glauca* quien aportó menor cantidad de materia seca (Anexo 10)

Del total 109.49 kg ha<sup>-1</sup> de Ca asimilado por los árboles en el sistema *I. laurina* + *S. glauca* a partir de la poda, el 66 % de éste nutriente se queda en el sistema y la diferencia es extraída del sistema en forma de leña (Cuadro 8).

### **Magnesio (Mg)**

En el presente estudio el mayor aporte de Mg tanto en hojas mas tallos menores como en tallos mayores de 2 cm de diámetro a partir de la poda 2,004 están dado por el tipo de sombra *Il+Sg* aportando 1.06 y 1.98 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 8) influenciado por el aporte significativo de materia seca por la especies *I. launa* que produjo el 81 y 89 % respectivamente a los componentes vegetales (Anexo 10), lo que se traduce a una mayor cantidad de Mg. Según Fuentes (1,994), las leguminosas hacen mayor extracción de Mg acumulándose este elemento en sus tejidos vegetales. Navarro (2,003), reporta en análisis químico de tejidos vegetales que las leguminosas son siempre mas ricas en N, Ca y Mg que las gramíneas.

Los menores contenidos de Mg en los componentes menores y mayores a 2 cm de diámetros se obtuvieron en el tipo de sombra *Sg+Tr* con 0.21 y 0.29 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 8), debido a que en este sistema la producción de materia seca por la poda fue menor con la única contribución de *S. glauca* ya que *T. rosea* no fué sometido a poda por las características descritas por Cordero y Boshier (2,003). También este bajo contenido de Mg en este sistema puede estar influenciado por una baja extracción de este elemento por esta especie lo que atribuye a que sus concentraciones sean menores (Anexo 22).

De los elementos evaluados el Mg presenta los menores contenidos en los componentes hojas mas tallos menores a 2 cm de diámetro de las especies en estudio lo que puede estar influenciado a lo expresado por Fuentes (1,994), donde la adsorción no solo depende de la

cantidad de Mg soluble, si no también de la abundancia de otros iones que pueden interferir en la asimilación del Mg.

Por otro lado, se puede observar que de los nutrientes analizados en este estudio el Mg es el único elemento que se encuentra en mayores cantidades en los componentes vegetales tallos mayores a 2 cm de diámetro (Anexo 22), lo que concuerda con estudios realizados por Morin (1,983) sobre análisis químico de tejidos de plantas en cítricos, donde postula que aproximadamente la mitad del Mg contenido en el árbol se encuentra en el tronco, y ramas gruesas, un tercio en las raíces y el resto en las hojas, pero al brotar y fructificar la planta se produce una migración significativa hacia los brotes y frutos. Por lo tanto del total de Mg asimilado por los árboles de sombra *I. laurina* + *S. glauca* que contribuyen con  $3.04 \text{ kg ha}^{-1}$  a partir de la poda, el 65 % de éste nutriente es extraído del sistema en forma de leña y la diferencia de porcentaje se queda en el sistema formando parte del ciclaje de nutrientes (Cuadro 8).

### **3.4.2. Contenido de nutrientes en materia seca por raleo de árboles de sombra en 2,005.**

#### **Nitrógeno (N)**

Con respecto al raleo el sistema de sombra que aporta mayor cantidad de N en los componentes menores a 2 cm de diámetro es *Sg+Tr* con  $58.24 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 9), debido al raleo efectuado a las dos especies contribuyendo a una mayor producción de materia seca, donde la especie *T. rosea* hace aportes significativos con un 53 % (Anexo 11), ya que esta especie no fue podada en el año 2,004, debido al modelo de crecimiento explicado por Cordero y Boshier (2,003); mientras que en los componentes mayores el tipo de sombra que aportó mas N fué *Il+Sg* con  $36.88 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 9), contribuyendo ambas especies en la producción de materia seca en la que sobresale la especie *I. laurina* con 61 % (Anexo 11) por sus características morfológicas definidas por Vindel y Pantoja (2,004).

Los menores aportes de N en los componentes menores se obtuvieron en el tipo de sombra *Ss+Il* con  $21.9 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 9) debido a que solo se intervino *I. laurina*, ya que *S. saman* no presentaba una estructura morfológica para realizarle esta practica (raleo) con respecto a tallos mayores a 2 cm de diámetros el tipo de sombra *Sg+Tr* aportó los menores contenidos de N con  $28.18 \text{ kg N ha}^{-1}$  (Cuadro 9), representando el 33 % del total del sistema significando una pérdida debido a que se extrae como producto de leña y postes, mientras que el 67 % está

quedando lo cual puede ser aprovechado por el cultivo de café y los mismos árboles forestales después de procesos de descomposición, liberación y mineralización del elemento mineral.

Cuadro 9. Contenido de N, P, K, Ca y Mg en materia seca del raleo en 2,005 en kg.ha<sup>-1</sup>.

Sombra Permanente.	Hojas y tallos menores a los 2 cm de diámetro.					Tallos mayores a los 2 cm de Diámetro.				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
II + Sg	45.26	4.05	26.51	91.95	1.76	36.88	7.08	24.71	59.66	2.49
Sg + Tr	58.24	7.7	44.27	143.39	2.26	28.18	6.68	18.67	34.91	2.87
% reciclado	67	54	70	80	44	-	-	-	-	-
Ss + II	21.9	2.26	11.61	40.53	0.37	32.54	6.21	21	51.15	1.74

II: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*.

### Fósforo (P)

En esta actividad el tipo de sombra que presenta el mayor aporte de P en los componentes menores a los 2 cm de diámetro es *Sg+Tr*. con 7.7 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 9), este resultado se debe básicamente al raleo de las dos especie aportando una cantidad significativa de materia seca donde sobresale el *T. rosea* con 53 % (Anexo 11) por no haber sido podado en el año anterior (2,004), y a las mayores concentraciones de P en estos componentes (Anexo 22), mientras que en los componentes mayores a los 2 cm de diámetro sobresale con el mayor aporte de P el tipo de sombra *II+Sg* con 7.08 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 9) influenciado básicamente por el aporte de materia seca producida por la especie *I. laurina* con 61 % ya que en algunas plantas de esta especie presentaban mas de un tallo grueso. Los menores aportes de P se encuentran en el tipo de sombra *Ss+II*, para componentes menores y mayores a los 2 cm de diámetro con 2.26 y 6.21 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 9) supeditado por la baja producción de materia seca ya que solo se podó una sola especie (*I. laurina*).

Por otro lado, tanto los componentes vegetales menores y mayores a 2 cm de diámetros asimilan un total de 14.38 kg ha<sup>-1</sup> de P en el sistema de sombra *Sg+Tr* del cual el 54 % del total de éste nutriente asimilado se queda en el sistema y la diferencia es extraída del sistema en forma de leña y postes (Cuadro 9).

### **Potasio (K)**

Los aportes totales de K en el sistema de sombra  $Sg+Tr$  fue mayor con  $44.26 \text{ kg ha}^{-1}$  (Cuadro 9) donde la especie *T. rosea* contribuye con 53 % de materia seca (Anexo 11) al no ser podadas en 2,004, lo que contribuye a un mayor contenido de nutrientes (K); así como una mayor concentración de este elemento en estos componentes (Anexo 22). Mientras que en los tallos mayores a los 2 cm de diámetro el mayor aporte de K se encuentra en el tipo de sombra  $Il+Sg$  con  $24.71 \text{ kg ha}^{-1}$  esta diferencia se debe a que este nivel de sombra aportó mas residuos vegetales por la presencia de la especie *I. laurina* contribuyendo con un 66 % de materia seca (Anexo 11) debido a las características explicadas por Vindel y Pantoja (2,004).

Los menores aportes en los componentes hojas mas tallos menores a 2 cm de diámetro están dados por el tipo de sombra  $Ss+Il$  con  $11.61 \text{ kg ha}^{-1}$  por el raleo de solo *I. laurina*. Mientras que en los componentes mayores a 2 cm de diámetro el tipo de sombra que produjo menos K fué  $Sg+Tr$  con  $18.67 \text{ kg ha}^{-1}$  esto se debe básicamente a que en estos componentes las concentraciones de este elemento son menores (Anexo 22).

Del total de K asimilado por los árboles de sombra *S. glauca* + *T. rosea*, que contribuyen con  $62.94 \text{ kg ha}^{-1}$  a partir del raleo el 70 % de éste nutriente se queda en el sistema y la diferencia es extraída del sistema en forma de leña y postes (Cuadro 9).

### **Calcio (Ca)**

Al comparar los aportes medios de Ca se pudo observar diferencias numéricas donde en el tipo de sombra  $Sg+Tr$  se obtuvo la mayor cantidad de Ca con  $143.39 \text{ kg ha}^{-1}$  correspondiente a hojas mas tallos menores a 2 cm de diámetro, estos resultados se deben en primer lugar a las concentraciones de Ca en estos componentes (Anexo 22) y a la ejecución del raleo de las dos especies, siendo *T. rosea* quien proporcionó el mayor porcentaje de materia seca con 53 % (Anexo 11), mientras que en los tallos mayores a 2 cm de diámetro el tipo de sombra que produjo la mayor cantidad de Ca fue  $Il+Sg$  con  $59.66 \text{ kg ha}^{-1}$  resultados que están relacionado al aporte de materia seca de *I. laurina* con el 66 %.

Los menores aportes de Ca en componentes hojas mas tallos menores a 2 cm de diámetro están dados por  $Ss+Il$  con  $40.53 \text{ kg ha}^{-1}$  debido al raleo de solo *I. laurina*, ya que *S. saman* no presentaba el crecimiento adecuado para el raleo, mientras que en los componentes mayores a 2cm de diámetros el tipo de sombra que presentó menos contenido de Ca fué  $Sg+Tr$  con  $34.91$

kg ha<sup>-1</sup> esto se debe básicamente a las bajas concentraciones de este elemento en estos componentes (Anexo 22).

Por otro lado, tanto los componentes vegetales menores y mayores a 2 cm de diámetro contribuyen en el sistema a aportar 178.3 kg ha<sup>-1</sup> de Ca en el tipo de sombra *Sg+Tr* del cual el 80 % del total de éste nutriente asimilado se queda en el sistema y la diferencia es extraída del sistema en forma de leña y postes (Cuadro 9).

### **Magnesio (Mg).**

Los mayores contenidos de Mg tanto para hojas mas tallos menores como para tallos mayores de 2 cm de diámetro se encontraron en el tipo de sombra *Sg+Tr* acumulando 2.26 kg ha<sup>-1</sup> y 2.87 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 9), influenciados por la cantidad de materia seca obtenida a partir del raleo de ambas especies (Anexo 11). Hay que aclarar que de los nutrientes que estamos estudiando el Mg es el único elemento que presenta altas concentraciones en los tallos mayores a 2 cm de diámetro (Anexo 22); lo que concuerda con estudios realizados por Morin (1,983) sobre análisis químico de tejidos de plantas en cítricos.

Los bajos aportes de Mg tanto en los componentes menores como en los componentes mayores a 2 cm de diámetro están dados por el tipo de sombra *Ss+Il* con 0.37 y 1.74 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente (Cuadro 9)., estos resultados están influenciados básicamente al total de materia seca producto del raleo de solo *I. laurina* (Anexo 11), además esta especie por ser leguminosa contribuye en acumular principalmente nitrógeno en mayores cantidades en sus componentes a través del proceso de fijación biológica del nitrógeno (FBN), Según Navarro (2,003), indica que las leguminosas son las que están mejor provistas de N y en menor cantidad de otros elementos como el Mg.

Del total de Mg asimilado por los árboles de sombra (*S. glauca* + *T. rosea*) que contribuyen con 5.13 kg ha<sup>-1</sup> a partir del raleo el 44 % de éste nutriente se queda en el sistema y la diferencia de porcentaje es extraída del sistema en forma de leña y postes (Cuadro 9), el porcentaje extraído es mayor debido a que las concentraciones de este elemento son mayores en los componentes tallos mayores a 2 cm de diámetro (Anexo 22).

### 3.5.- El balance de nutrientes.

Se puede observar, en el Cuadro 10, los mayores remanentes de N se encuentran en la parcela a pleno sol con 58.20 y 37 kg ha<sup>-1</sup> en el año 2,004 y 2005 respectivamente, debido a que en este sistema no se extrajeron residuos vegetales (leña) y la exportación de este elemento por producción fue menor con 49.8 y 71.02 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que en los sistemas con sombra el mayor balance se encontró en el tratamiento Ss+Tr con 35.59 kg ha<sup>-1</sup> debido a que ambas especies no fueron sometidas a poda por no presentar características morfológicas óptimas y por ende la exportación de N fue menor cuantificándose solamente el extraído por producción, comparados con los tipos de sombra donde se realizó poda, los remanentes de N son menores, debido a que en estos sistemas se cuantificó el N extraídos vía residuos vegetales y producción.

En el año 2,004, en los sistemas donde se realizó poda, el mayor balance de N se encuentran en el tipo de sombra Ss+Il con 30.38 kg ha<sup>-1</sup> y el menor en Il+Sg con 27.08 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 10). En el primer caso se debe a la poca exportación de N del sistema, por la baja producción de residuos (Leña) donde se pudo una sola especie (*I. laurina*), mientras que en el segundo caso la mayor extracción de N se debe a la alta producción de residuos atribuido a la especie *I. laurina* aplicándose una poda fuerte dado el crecimiento vegetativo vigoroso, a las que hace referencia Vindel y Pantoja (2,004); así como mayores concentraciones de este elemento en sus tejidos vegetales tal como lo explica Navarro (2,003), que postula que los tejidos de las leguminosas son ricos en N.

Los resultados del balance del año 2,005 cuando se realizó raleo, indican que el mayor balance positivo de N, fue encontrado en el sistema Sg +Tr con 16.37 kg ha<sup>-1</sup>, debido a que en este sistema los residuos de leña producidos fueron menores y por ende la exportación de N; mientras tanto, el menor balance se encuentra en los sistemas Il+Sg y Ss+Il con 0.81 y 12.42 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, atribuido a la especie *I. laurina* que según Fuentes (1,994), las leguminosas asimilan en mayor cantidad este elemento y a la mayor producción de leña.

En el balance realizado en el año 2,004 y 2,005 se puede observar que los niveles de insumo Orgánicos Intensivos y Convencional Intensivo presentan el mejor balance de N, debido a que en este tipo de manejo se utiliza el 50 % más de las dosis de fertilizantes aplicados, siendo esta la que determina la variación en el balance, por lo tanto las extracciones de N vía producción y leña no son tan variables (Cuadro 10).

Cuadro 10. Balance del nitrógeno (N), extraído a partir de poda 2,004 y raleo 2,005 de árboles de sombra permanente y aportes vía fertilización en kg ha<sup>-1</sup>.

Sombra permanente	Ninsu	2,004				2,005			
		Prodn.	Leña	Fertilización	Balance	Prodn.	Leña	Fertilización	Balance
II + Sg	CE	24.35	8.77	72	38.88	40.27	39.01	72	-7.28
	OI	44.97	45.75	106	15.28	42.87	34.22	86	8.91
<b>II + Sg</b>		<b>34.66</b>	<b>27.26</b>	<b>89</b>	<b>27.08</b>	<b>41.57</b>	<b>36.62</b>	<b>79</b>	<b>0.81</b>
Sg + Tr	CI	83.45	1.99	144	58.56	45.27	23.95	144	74.24
	CE	60.13	3.01	72	8.86	37.80	31.82	72	2.38
	OI	62.69	1.84	106	41.47	46.93	24.33	86	14.74
	OE	36.51	2.55	47	7.94	40.29	32.6	47	-25.89
<b>Sg + Tr</b>		<b>60.69</b>	<b>2.34</b>	<b>92.25</b>	<b>29.21</b>	<b>42.57</b>	<b>28.17</b>	<b>87.25</b>	<b>16.37</b>
Ss + II	CI	36.70	20.27	144	87.03	46.82	28.90	144	68.28
	CE	41.75	27.59	72	2.66	43.33	31.29	72	-2.62
	OI	47.85	21.19	106	36.96	42.29	30.92	86	12.79
	OE	26.18	25.93	47	-5.11	36.67	39.09	47	-28.76
<b>Ss + II</b>		<b>38.12</b>	<b>23.74</b>	<b>92.26</b>	<b>30.38</b>	<b>42.27</b>	<b>32.54</b>	<b>87.25</b>	<b>12.42</b>
Ss + Tr	CE	30.32	-	72	41.68	54.72	-	72	17.28
	OI	76.49	-	106	29.51	66.13	-	86	19.87
<b>Ss + Tr</b>		<b>53.40</b>	<b>-</b>	<b>89</b>	<b>35.59</b>	<b>60.42</b>	<b>-</b>	<b>79</b>	<b>18.57</b>
Pleno sol	CI	57.47	-	144	86.53	72.80	-	144	71.20
	CE	42.13	-	72	29.87	69.29	-	72	2.80
<b>Pleno sol</b>		<b>49.80</b>	<b>-</b>	<b>108</b>	<b>58.20</b>	<b>71.02</b>	<b>-</b>	<b>108</b>	<b>37</b>

II: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*; Ninsu: Nivel de insumo; CI: convencional intensivo; CE: convencional extensivo; OI: orgánico intensivo; OE: orgánico extensivo, prodn: producción

En el caso de los niveles de insumos extensivos (CE y OE) se obtuvieron los menores balances de N siendo este negativo, y se debe básicamente a que en estos tratamientos se aplicó el 50 % menos de la dosis de fertilizantes utilizada en los niveles de insumos Intensivos (OI Y CI). Esto nos indica que las cantidades de fertilizantes utilizadas en estos niveles de insumos no compensan las cantidades extraídas de N por producción y leña (Cuadro 10).

#### IV. CONCLUSIONES

1. Solo *R. communis* como sombra temporal se obtuvieron los mayores aportes de materia seca ( $4,356.09 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y de nutrientes con 81.25, 28.03, 165.27, 68.11 y  $56.76 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, P, K, Ca Y Mg respectivamente en los años 2,002 + 2,003, permitiendo una mejor protección al suelo y mayor disponibilidad de elementos nutritivos, siendo todos estos aportes reciclados en el sistema.
2. La sombra permanente *Il+Sg* obtuvo la mayor producción de materia seca total con  $5,695.6 \text{ kg ha}^{-1}$ , correspondiendo el 39 % en forma de mulch que se reincorpora al sistema a partir de poda 2,004; mientras que la sombra *Sg+Tr* cuantificó la mayor materia seca total con  $9,096.89 \text{ kg ha}^{-1}$ , siendo el 45 % reincorporado en el sistema; el resto fue extraído en forma de leña y postes a través de raleo en 2005.
3. En el raleo de los árboles de sombra permanente, los mayores contenido de N, P, K, Ca y Mg, se dieron con solo maderables (*Sg+Tr*), mientras que en poda sucedió lo contrario donde el tipo de sombra *Il+Sg* aportó mayor contenido de nutrientes, excepto el Mg que se encuentra en mayor concertación en los componentes mayores a 2 cm de diámetro. Por otro lado la especie *I. laurina* de forma individual siempre supera el aporte de materia seca y contenido de nutrientes.
4. En el manejo de poda los mayores contenidos de N, P, K, Ca Y Mg reciclados se encuentran en *Il+Sg* con 64, 55, 55, 66 y 35 % proveniente de hojas mas tallos menores a 2 cm de diámetro, mientras en el raleo los mayores contenidos de nutrientes se encuentran en *Sg+Tr* con 67, 54, 70, 80 y 44 % siendo mayores a los extraídos tanto en poda como en raleo, excepto el Mg que se encuentra en mayor concertación en bs componentes mayores a 2 cm de diámetro en ambos manejos.
5. En todos los tratamientos las especies de árboles *S. glauca*, *I. laurina* y *T. rosea* al momento del raleo alcanzaron promedios similares de altura y de igual manera el IMA y el DAP, lo que indica que el efecto de los niveles de insumos fue poco o nulo en los tipos de sombra, permitiendo estas especies un aporte sistemático de materia seca y nutrientes después de la eliminación.



6. En base al balance de N, en el tipo de sombra Sg+Tr se encuentra la mayor cantidad de N remanente y de igual manera en los niveles de insumos CI y OI. Se encontró un balance negativo en los niveles de insumos extensivos dado que el total de N extraído vía producción y leña es mayor al aplicado.

## V. RECOMENDACIONES.

1. Establecer sombra temporal de *Ricinus communis* en los cafetales, en sistemas agroforestales para garantizar sombra en los 2 años iniciales, por su gran aporte de biomasa y nutrientes.
2. Promover el establecimiento de SAF con *I. laurina* al sistema con café, la que contribuye con importantes cantidades de biomasa y nutrientes así como el de ofrecer diferentes servicios como leña, secuestro de carbono, fijación de nitrógeno, etc.
3. Contraponer este estudio con otros tipos de ambiente y de manejo donde se cultiva café en Nicaragua como en la zona alta para compararlos y determinar modelos de predicción para zonas diferentes.
4. Adicionar los resultados obtenidos, con los otros trabajos de mineralización de N y rendimiento y calidad del café que realizan estudiantes de la UNA para verlo como un sistema completo y compararlo con otros estudios realizados por CATIE en Costa Rica.
5. Continuar con esta investigación para evaluar el sistema que tiene mayor adaptabilidad y que sea más sostenible y sustentable a nivel ambiental, social y económicamente en el tiempo, tomando en cuenta otros factor como el efecto del Nivel de Insumos en los diferentes estratos de sombra.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alder, D. 1,980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. V. 2. Predicción del rendimiento. Roma, FAO. 80 p. (Estudio FAO; Montes 22/2).
- BCN (Banco Central de Nicaragua, NI). 1,977. El cultivo de la Higuierilla. Managua Nicaragua. P 1-7.
- Beer, J. 1,982. Sistemas agroforestales de cultivos perennes en Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Departamento de recursos naturales renovables. Turrialba, CR. P. 17.
- Beer, J. W. 1,998. Litter production and competitive effects of the shade trees *Cordia alliodora* and *Erythrina poeppigiana* an agroforestry system with coffee arabica. EN: Desafíos de la caficultura en Centroamérica. (Mayo 1,998. San José, CR.). Memoria. 1,998. San José, CR. P: 77.
- Beer, J. 1,998. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry systems 38: 139-164. Consultado 26 sep. 2006. disponible en <http://www.orton.catie.ac.cr/repdoc/a0280e/a02801e>.
- Bertsch, H. F. 1,998. La fertilización de los suelos y su manejo. San José, CR. 157 p.
- Carvajal, J. F: 1,984. Cafeto, cultivo y fertilización. 2<sup>da</sup> ed. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la potasa. P. 139.
- Cordero, J.; Boshier, H. 2003. Árboles de centro América. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba CR. P. 219 - 922.
- De la Llana; A. 2,000. Comportamiento de las plagas de café y la fauna benéfica en dos sistemas de manejo durante la época seca de 1,998. Tesis. Mag. Sci; UNAN León, Nicaragua. P 70.
- Duke, J. A. 1,981. Handbook of legumes of world economic importance. Plenum press, New York. P 89-150.

- Duvigneaud, P. ed. 1,971. Symposium on the productivity of forest Ecosystems: Proceeding of the brussels symposium; (27-31 October 1969; Paris, UNESCO). Symposium. 1,971. Paris. Ecology and conservation N<sup>o</sup> 4. 707 p
- Ellenberg, E. ed. 1,971. Integrated experimental Ecology; Methods and results the Ecosystem research in the German soling project. Berlín, Springer. 214 p.
- Fassbender, H, W. 1,993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2<sup>da</sup>. ed. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie de materiales de enseñanza. 491 p.
- \_\_\_\_\_. 1,983. Suelos y sistemas de producción agroforestales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 150 p.
- \_\_\_\_\_. 1,984. Bases edafológicas de los sistemas de producción agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie de materiales de enseñanza N<sup>o</sup> 21. P-192.
- \_\_\_\_\_; Grimm, U. 1,992. Ciclos biogeoquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. Turrialba, Costa Rica. P-29.
- FHIA (Fundacion Hondureña de Investigación Agrícola). 2,004. Producción de café con sombra de maderables. Guia practicas (en línea) FHIA. San Pedro Sula, Cortes, Honduras, CAP 3. Consultado 10 may. 2007. Disponible en [http://www.catie.ac.cr/econegociosagricolas/BancoMedios/documentos%20PDF/RDE\\_TEC\\_TEC\\_FHIA\\_cafe\\_sombra.pdf](http://www.catie.ac.cr/econegociosagricolas/BancoMedios/documentos%20PDF/RDE_TEC_TEC_FHIA_cafe_sombra.pdf)
- Fuentes, Y. J. 1,994. El suelo y los fertilizantes.4<sup>ta</sup>. ed. Ediciones MundiPrensa, Madrid España. P 60-180.
- Gooding, H. J. 1,984. The Agronomic Aspecto of Pigeon peas (Cajanus Cajan). Fields crops absts. 15; P 1-15.
- Gutiérrez, Y; M; Moraga, P; Monzón, A. 2,003. Antracnosis seria amenaza. Boletín informativo # 2: Grupo café Nicaragua. Managua, Nicaragua. P 13.
- Haggar, J; Staver, C. 2001. Sostenibilidad y sinergismo en sistemas agroforestales con café: estudio de interacciones entre plagas, fertilidad del suelo y árboles de sombra. Agroforesteria en las Américas. 8(29): 49 - 51.

- Haarer, A, E. 1,969. Producción moderna de café. Segunda edición. Editorial Revolución. La Habana. P 128-139. Consultado 14 nov. 2006. disponible en: [http://www.fertitec.com/informaciones/fer\\_princ\\_fac\\_apl.htm.phd](http://www.fertitec.com/informaciones/fer_princ_fac_apl.htm.phd)
- Hitchcock, H. C y D. P McDonnel. 1,979. Biomass measurement a synthesis of tha literature. Division of Land and Fores Resources, T.V.A; Norris, Tn. USA. 59 p.
- ICRAF (Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería). 2003. Aproximación a la construccion de la definición de Agroforesteria. Consultado 29 Marz. 2007. Disponible en: <http://www.ecovivero.org/articulos/agroforesteria.pdf>
- Johnson, R. M. and Ramond, W. D. 1,964. The chemical composition of semitropical food II. Pijeon pea and cow peas. Tropical sciences. Pradesh, India. P 140.
- Krishnamurthy, L.; Ávila, M. 1,999. Agroforesteria básica. Primera edición. México. P 335.
- Labrador, M. J. 1996. La materia orgánica en los suelos. España, Impresora S.A. 174 P.
- MARENA. (Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales). 2,002. Guía de especies forestales de Nicaragua. 1<sup>ra</sup>. ed. Managua, Nicaragua. Editora de arte, S. A. Junio 2,002. P 58 – 272.
- Morin, L. Charles. 1,983. Cultivo de cítricos. 2a ed; 1a reimpresión. San José C. R: IICACIDIA, 1983. P. 301-302.
- Navarro, G. 2,003. Química agrícola. 2a ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. P 166-296.
- Nair, P. K. 1,997. Agroforesteria, centro de agroforesteria para el desarrollo sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, México. 1<sup>ra</sup> ed. En español, Chapingo.
- Nair.1982. Sistemas agroforestales. Disponible en: <http://www.ciedperu.org/bae/b57b.htm.pdf>
- Newbould, P. J. 1967. Methods for estimating the primary production of forest. Oxford, Blackwell. 62 p. (IBP Handbook N° 2).
- Odum, E. P. 1,965. Ecología estructura y función de la naturaleza. México D.F. CECSA. P-201.

- Palm, C A. 1,995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems* 30: 105-124.
- Rice, R. A. 1,991. Observaciones sobre la transición en el sector cafetalero en Centroamérica. *Agro ecología Neotropical*. Vol. 2: 1 – 6.
- Romero, L. 2,006. Aporte de biomasa y reciclaje de nutrientes en seis SAF de café (*Coffea arabica L.*) con tres niveles de manejo. CATIE Turrialba Costa Rica. P 54. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0989e/A0989e.pdf#pagemode=bookma.phd>.
- Russo, R O.; Budowski, G. 1,986. Effect of pollarding frequency on biomass of *Erythrina poeppigiana* as a coffee shade tree. *Agrofor. Syst.* 4:145-162.
- SAS (SAS Institute Inc, USA). 1999. *Statistic Analysis Systems Inc. Versión 8*. Cary, NC, USA.
- Sánchez, V. 1,999. Fertirrigacion del cultivo de espárrago en Perú. En: Resúmenes del Seminario Internacional: Fertirrigación de cultivos y frutales. Universidad de Concepción. Chile. Capítulo 4. Disponible en [http://www.fertitec.com/informaciones/fer\\_princ\\_fac\\_apl.htm.phd](http://www.fertitec.com/informaciones/fer_princ_fac_apl.htm.phd).
- Samper M. 1,999. Cap. 1. Trayectoria y habilidad de las caficultoras Centro Americanas. En: Bertrand, B; Rapidez, B. *Desafíos de la caficultora en Centroamérica*. Mayo. San José, CR.P 38.
- Solórzano, P. R. 1,997. Fertilidad de suelo, su manejo agrícola. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. *Revista alcance* N° 51. 206 p.
- Tercero. 1,977. Guía técnica para parcelas extensivas de Higuerilla. Serie producción agropecuaria: Productos alimenticios P 5.
- Vaast, P; y Snoeck. D. 1,999. Cap. 4. Hacia un Manejo Sostenible de la Materia Orgánica y de la Fertilidad Biológica de los suelos cafetaleros. En: Bertrand, B; Rapidez, B. *Desafíos de la caficultora en Centroamérica*. Mayo. San José, CR. P 139 – 142.
- Vega, E. 1,992. Características, uso y manejo agronómico de los abonos verdes en el manejo integrado de la fertilidad de suelos Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Managua, Nicaragua. P 145.

- Vindel, A. E, Pantoja, R. C. 2,004. Dinámica de crecimiento de especies arbóreas como sombra en cafetales en el municipio de Masatepe, Masaya (2,003 – 2,004). Tesis. Ing. Managua, NI, UNA (Universidad Nacional Agraria). 68 p.
- Woomer et al., 1,994. The importance of management of soil orgaic matter in the tropics. In. PL. Woomer; M. J. Awift (eds.) The biological management of tropical soil fertility, Chichester, John Wiley Y Sons. P. 47 – 80.
- World Banck. 1,992. International Division Trade. Coffee Sub sector Study Main Report. P 20.

# ANEXOS

Anexo 1. Manejo de la Fertilización en el ensayo de sistemas agroforestales con café.

Nivel de insumo	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005
ORGANICO INTENSIVO (MO)	Verano: 2.268 kg. de pulpa de café por planta( pulpa semidescompuesta) Canícula: 2.722 kg. de Gallinaza por planta. Una aplicación mensual de Biofermentado (2 litros de soluto por cada 18 litros de agua.)				
ORGANICO EXTENSIVO (BO)	Verano: 2.268 kg de pulpa de café por planta.				
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	Junio: 50 g por planta de 18-6-12-4-0.2. Inicio de septiembre: 70 g por planta de 12-30-10		Junio: 33 g por planta de 27-9-18 Septiembre: 70 g por planta de 12-30-10		
	Mediados Oct. 113 g de Urea. 10 g de Muriato de Potasio.				
	Aplicaciones foliares: 113 g de urea + 25 g de Zinc + 30 g de Boro por bombada de 20 l. (Marzo-Abril; Mayo-Junio; Julio-Agosto; Sept.-Oct.)				
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	Junio: 25 g por planta de 18-6-12-4-0.2. Septiembre: 35 g por planta de 12-30-10		Junio: 17 g por planta de 27-9-18 Septiembre: 35 g por planta de 12-30-10		
	Mediados Oct. 20 g de Urea. 5 g de Muriato de Potasio.				
	Aplicaciones foliares: 113 g de urea + 25 g de Zinc + 30 g de Boro por bombada de 20 l. (Marzo-Abril; Sept.-Oct.)				

Anexo 2. Aspectos técnicos en el manejo de las enfermedades presentes en el ensayo de sistemas agroforestales con café (2,005).

Nivel de insumo	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005
ORGANICO INTENSIVO (MO)	2 a3 aplicaciones de caldo sulfocálcico con criterio de aplicación de 10% e incidencia de mancha de hierro		3 aplicaciones máximas de caldo sulfocálcico Se incluye una aplicación preventiva en junio.		
			Marchites lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Cal (Junio-Julio).		
ORGANICO EXTENSIVO (BO)	nada		Marchites lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Cal (Junio-Julio).		
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	3 aplicaciones de Anvil 1 litro en 200 litros de agua. (Mayo-Junio; Julio-Agosto; Sep-Oct) con criterio de aplicación 5% de incidencia de mancha de hierro		1 aplicación de mancozeb (mayo)	1 aplicación de Oxiclورو de Cobre (mayo - junio)	
			3 aplicaciones de Anvil (Agosto-Sept; Oct-Nov)	2 aplicaciones de Anvil (Agosto-Sept; Oct-Nov).	
			Marchites lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Carbendazin (Junio-Julio).en la base de la planta.		
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	2 aplicaciones de anvil 1 litro en 200 litros de agua		1 aplicación de Mancozeb (mayo)	1 aplicación de Oxiclورو de Cobre como preventivo.	
			2 aplicaciones de Anvil.		
			Marchites lenta: Poda de saneamiento y aplicación de Carbendazin (Junio-Julio).		



Anexo 3. Aspectos técnicos del Manejo de hierbas en el ensayo de sistemas agroforestales con café (2,005).

Nivel de insumo	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005	Criterios utilizados a partir de muestreo de campo (punta de zapato)
ORGANICO INTENSIVO (MO)	Manejo de maleza en época seca y lluviosa Dos chapias sin criterio en verano para los 4 niveles de insumo					Se realiza chapia cuando el 50 % de las malezas alcancen una altura entre 10 a 15 cm.
	Machete en carril amplio y manejo de floración	Manejo selectivo de malezas solo con machete.				
ORGANICO EXTENSIVO (BO)	Manejo de hierbas en época seca y lluviosa					Se realiza chapia cuando el 50 % de las malezas alcancen una altura entre 20 a 30 cm.
	Machete en carril amplio y manejo de floración	Manejo selectivo de malezas con machete. Carrileo al momento de hacer la calle.				
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	Manejo de maleza en época seca y lluviosa					Se realiza chapia cuando el 25 % de las malezas alcancen una altura entre 10 a 15 cm.  15 días después de la chapia se aplica herbicida
	Control total de malezas con chapias y 2 aplicaciones de Round up (Glifosato) + Ally.	Control total de malezas con chapea y 2 aplicaciones Round up (Glifosato) + Flex. Carrileo al momento de hacer la calle.				
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	Manejo de maleza en época seca y lluviosa					Se realiza chapia cuando el 50 % de las malezas alcancen una altura entre 10 y 15 cm.  15 días después de la chapia se aplica herbicida
	Control selectivo de malezas y aplicación de Round up (Glifosate) o flex	Manejo selectivo de malezas con machete y aplicación de Round up. Carrileo a 100 cm. de ancho.				

Anexo 4. Aspectos técnicos del manejo de insectos plagas (minador y broca) que afectan al cultivo de café en el ensayo de sistemas agroforestales.

Nivel de insumo	2,001	2,002	2,003	2,004	2,005
ORGANICO INTENSIVO (MO)	2 aplicaciones si fuera posible contra minador 40% de incidencia.			Aplicación de torta neem al hoyo en resiembra	Aplicación 10g /hoyo
	Graniteo + pepena				
			Gallina ciega: Torta de neem.		
ORGANICO EXTENSIVO (BO)		Aplicación de torta de neem el hoyo en la resiembra, 10g/hoyo en resiembra		.	Observaciones la torta de neem diluida fue aplicada en el inicio del ensayo contra gallina ciega
	Graniteo + pepena				
CONVENCIONAL INTENSIVO (AC)	Marzo, Abril, Mayo Minador: Aplicación de Lorsban 0.75 a 1.5 l/200 l de agua. Si fuera posible.		Se aplica según la incidencia de minador. 40% de hojas minadas		
	Julio, Septiembre Broca: Aplicaciones de Endosulfan 750 cc en 200 litros de agua.				
	Gallina ciega: Aplicación de Lorban			Gallina ciega 5 g de Terbufos por hoyo	Lorsban diluido se aplicó en el inicio del ensayo. contra gallina ciega
CONVENCIONAL EXTENSIVO (MC)	Marzo, Abril Minador: Aplicación de Lorsban 0.75 a 1.5 litro en 200 litros de agua.		Se aplica según la incidencia de minador. 40% de hojas minadas		
	Julio Broca: Aplicación de Endosulfan según floraciones.				
			Gallina ciega: Aplicación de Lorban	Gallina ciega 5 g de Terbufos por hoyo	Lorsban se aplicó en el inicio del ensayo contra gallina ciega Diluido.

Anexo 5- Peso seco de sombra temporal *Risunus communis* y *Cajanus cajan* del año 2,002 en kg. ha<sup>-1</sup>.

Sombra temporal	<i>Cajanus cajan</i>				<i>Risunus communis</i>				
	Hojas	Tallos < 2cm	Tallos > 2cm	Total. G.	Hojas	Tallos < 2cm	Tallos > 2cm	Total. Hig.	Biomasa Total
C. c + R. c.	108.07	228.93	219.87	556.89	239.75	46.59	405.01	691.35	1,248.26
R. c.	0	0	0	0	709.00	145.2	1,097.20	1,951.33	1,951.33
C. c.	180.55	369.32	319.87	869.75	0	0	0	0	869.75

C. c: *Cajanus cajan*; R. c: *Risunus communis*

Anexo 6 -Peso seco de sombra temporal *Risunus communis* y *Cajanus cajan* del año 2,003 en kg. ha<sup>-1</sup>.

Sombra temporal	<i>Cajanus cajan</i>				<i>Risunus communis</i>				
	Hojas	Tallos < 2cm	Tallos > 2cm	Total. G.	Hojas	Tallos < 2cm	Tallos > 2cm	Total. Hig.	Biomasa Total
C. c + R. c.	149.61	326.03	337.46	813.02	256.05	46.35	479.12	781.52	1,594.55
R. c.	0	0	0	0	776.68	137.92	1,490.16	2,404.76	2,404.76
C. c.	389.09	844.91	866.63	2,100.63	0	0	0	0	2,100.63

C. c: *Cajanus cajan*; R. c: *Risunus communis*

Anexo 7 -Contenido de nutrientes de sombra temporal *Cajanus cajan* y *Risunus communis* 2,002 en kg. ha<sup>-1</sup>.

Sombra temporal	<i>Cajanus cajan</i>					<i>Risunus communis</i>				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
C. c + R. c.	7.23	1.47	7.7	1.26	0.51	13.07	4.46	26.23	9.19	8.67
R. c.	0	0	0	0	0	37.46	12.72	74.07	30.96	24.48
C. c.	11.54	2.31	12.13	2.01	0.82	0	0	0	0	0

C. c: *Cajanus cajan*; R. c: *Risunus communis*

Anexo 8 -Contenido de nutrientes de sombra temporal *Cajanus cajan* y *Risinus communis* 2,003 en kg ha<sup>-1</sup>.

Sombra temporal	<i>Cajanus cajan</i>					<i>Risinus communis</i>				
	N	P	K	Ca	Mg.	N	P	K	Ca	Mg.
C. c + R. c.	10.38	2.13	11.18	1.81	0.74	14.49	4.99	29.64	12.1	10.28
R. c.	0	0	0	0	0	44.49	15.31	91.20	37.15	32.28
C. c.	26.89	5.53	28.91	4.69	1.92	0	0	0	0	0

C. c: *Cajanus cajan*; R. c: *Risinus communis*

Anexo 9- Concentraciones de elementos minerales en componentes de las especies de sombra temporal en el 2,003.

Especie	Componente	N	P	K	Ca	Mg
<i>Cajanus cajan</i>	Hojas	2.48	0.56	2.28	0.59	0.23
	Tallos menores	1.23	0.11	1.08	0.11	0.05
	Tallos mayores	0.79	0.28	1.26	0.17	0.07
<i>Risinus communis</i>	Hojas	2.9	1	3.92	2.51	0.37
	Tallos menores	1.67	0.18	3.54	0.38	0.47
	Tallos mayores	1.32	0.49	3.75	1.15	1.93

Anexo 10. Peso seco por componente y por especie de la poda de árboles en 2,004 en kg ha<sup>-1</sup>.

Sombra permanente	Residuos hojas + tallos < 2cm de diámetro.		Total	Residuos tallos > 2cm de diámetro.		Total	Total biomasa
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>		<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>		
IL + SG	415.32	1827.59	2242.9	388.74	3063.7	3452.48	5695.6
SG + TR	449.32		449.32	442.45		442.45	891.78
SS + IL		1888.87	1888.87		3104.44	3104.44	4993.31

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo 11 -Peso seco por componentes por especies del raleo de árboles del 2,005 en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Sombra permanente	Residuos hojas + tallos < 2cm de diámetro.			SubTotal	Residuos tallos > 2cm de diámetro.			SubTotal	Total biomasa
	S. <i>glauca</i>	I. <i>laurina</i>	T. <i>rosea</i>		S. <i>glauca</i>	I. <i>laurina</i>	T. <i>rosea</i>		
IL + SG	1679.54	1072.64		2752.2	1774.25	3436.79		5211.0	7963.2
SG + TR	1895.77		2179.95	4075.7	2025.96		2995.2	5021.2	9096.9
SS + IL		1211		1211		4220.32		4220.3	5431.3

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo 12. Contenido de Nitrógeno de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en hojas y tallos menores a 2 cm de diámetro.

Sombra permanente	Hojas y tallos menores de 2 cm de diámetro						
	Nitrógeno de poda árboles 2,004 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			Nitrógeno de Raleo de árboles 2,005 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			
	S. <i>glauca</i>	I. <i>laurina</i>	Total	S. <i>glauca</i>	I. <i>laurina</i>	T. <i>rosea</i>	Total
Il + Sg	7.22	41.47	48.69	25.61	19.65		45.26
Sg + Tr	7.64		7.64	29.35		28.89	58.24
Ss + Il		41.77	41.77		21.9		21.9

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*.

Anexo 13. Contenido de Nitrógeno de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005 en tallos mayores a 2 cm de diámetro.

Sombra permanente	Tallos mayores de 2 cm de diámetro.						
	Nitrógeno de poda árboles 2,004 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			Nitrógeno de Raleo de árboles 2,005 ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			
	S. <i>glauca</i>	I. <i>laurina</i>	Total	S. <i>glauca</i>	I. <i>laurina</i>	T. <i>rosea</i>	Total
Il + Sg	1.69	25.57	27.26	11.2	25.68		36.88
Sg + Tr	2.34		2.34	12.91		15.27	28.18
Ss + Il		23.74	23.74		32.54		32.54

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*.

Anexo.14. Contenido de fósforo (P) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Hojas y tallos menores de 2 cm de diámetro.						
	Fósforo de poda árboles 2,004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Fósforo Raleo de árboles 2,005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	0.8	4.7	5.5	2.54	1.87		4.05
Sg + Tr	0.93		0.93	3.23		4.47	7.7
Ss + Il		4.36	4.36		2.26		2.26

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo 15. Contenido de fósforo (P) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Tallos mayores de 2 cm de diámetro.						
	Materia seca de poda árboles 2,004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Fósforo de Raleo de árboles 2,005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	0.42	4.13	4.55	2.13	4.95		7.08
Sg + Tr	0.58		0.58	2.37		4.31	6.68
Ss + Il		4.28	4.28		6.21		6.21

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo.16. Contenido de Potasio (K) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Hojas y tallos menores de 2 cm de diámetro.						
	Potasio de poda árboles 2004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Potasio Raleo de árboles 2005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	4.36	17.68	21.77	16.57	9.94		26.51
Sg + Tr	4.23		4.23	18.09		26.18	44.27
Ss + Il		17.31	17.31		11.61		11.61

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo 17. Contenido de Potasio (K) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Tallos mayores de 2 cm de diámetro.						
	Potasio de poda árboles 2,004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Potasio de Raleo de árboles 2,005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	1.67	16.07	17.75	7.47	17.24		24.71
Sg + Tr	1.79		1.77	8.15		10.52	18.67
Ss + Il		15.93	15.93		21		21

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo.18. Contenido de Calcio (Ca) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Hojas y tallos menores de 2 cm de diámetro.						
	Calcio de poda árboles 2,004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Calcio Raleo de árboles 2,005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	14.30	58.26	72.57	54.88	37.07		91.95
Sg + Tr	15.5		15.5	61.65		81.74	143.39
Ss + Il		60.47	60.47		40.53		40.53

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo 19. Contenido de Calcio (Ca) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Tallos mayores de 2 cm de diámetro.						
	Calcio de poda árboles 2,004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Calcio de Raleo de árboles 2,005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	3.14	33.78	36.92	16.57	43.09		59.66
Sg + Tr	3.35		3.35	18.34		16.57	34.91
Ss + Il		32.1	30.09		51.15		51.15

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo.20. Contenido de Magnesio (Mg) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Hojas y tallos menores de 2 cm de diámetro.						
	Magnésio de poda árboles 2,004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Magnésio Raleo de árboles 2,005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	0.18	0.88	1.06	1.42	0.34		1.76
Sg + Tr	0.21		0.21	1.32		0.94	2.26
Ss + Il		0.83	0.83		0.37		0.37

Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo 21. Contenido de Magnesio (Mg) de residuos de poda (2,004) y raleo de árboles 2,005.

Sombra permanente	Tallos mayores de 2 cm de diámetro.						
	Magnésio de poda árboles 2,004 (kg.ha <sup>-1</sup> )			Magnésio de Raleo de árboles 2,005 (kg.ha <sup>-1</sup> )			
	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	Total	<i>S. glauca</i>	<i>I. laurina</i>	<i>T. rosea</i>	Total
Il + Sg	0.31	1.67	1.98	1.03	1.46		2.49
Sg + Tr	0.29		0.29	1.14		1.73	2.87
Ss + Il		1.62	1.62		1.74		1.74

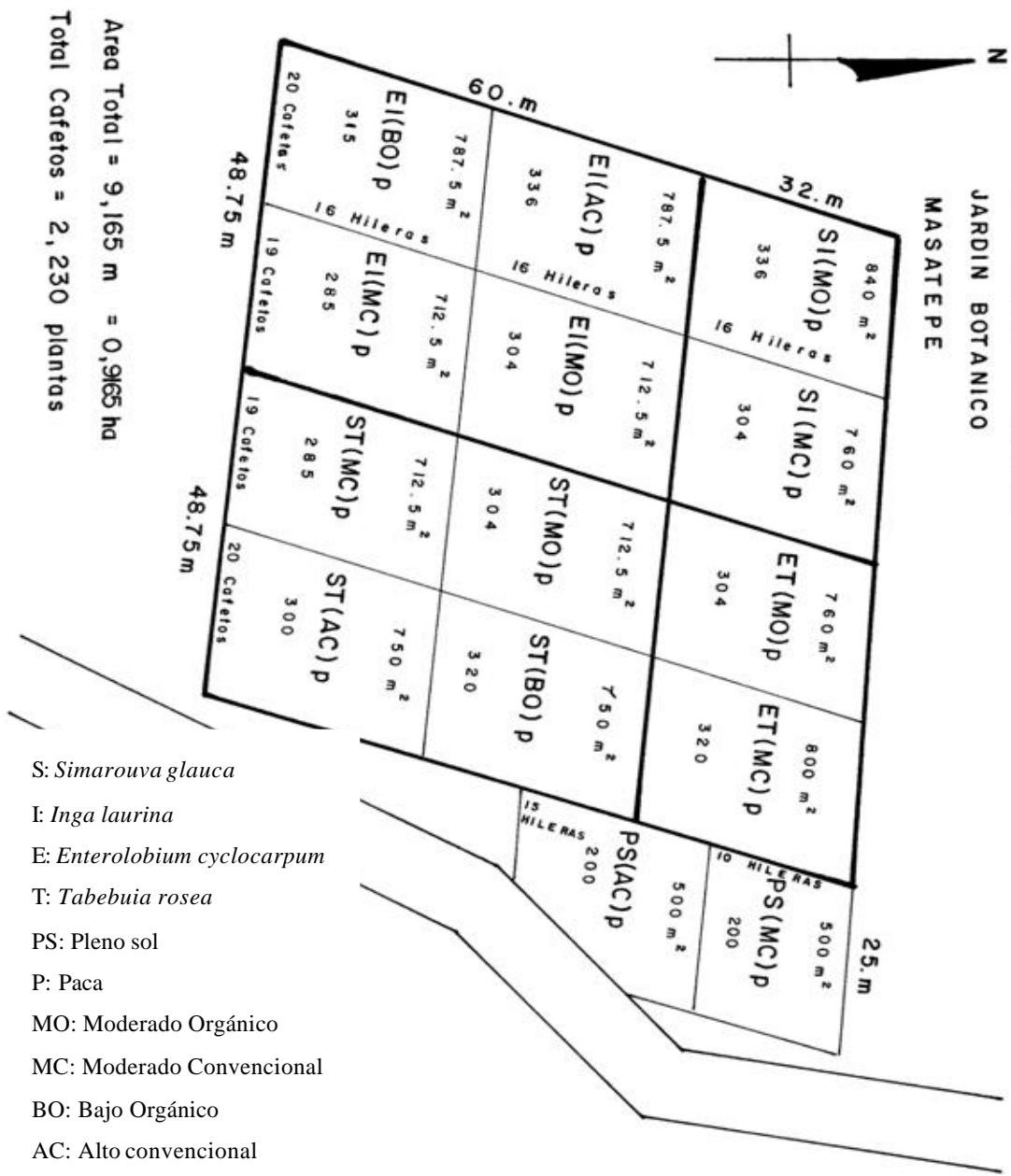
Il: *Inga laurina*, Sg: *Simarouba glauca*; Tr: *Tabebuia rosea*; Ss: *Samanea saman*

Anexo 22- Resultados de concentraciones de tejidos vegetales de los árboles de sombra permanente de raleo del 2,005.

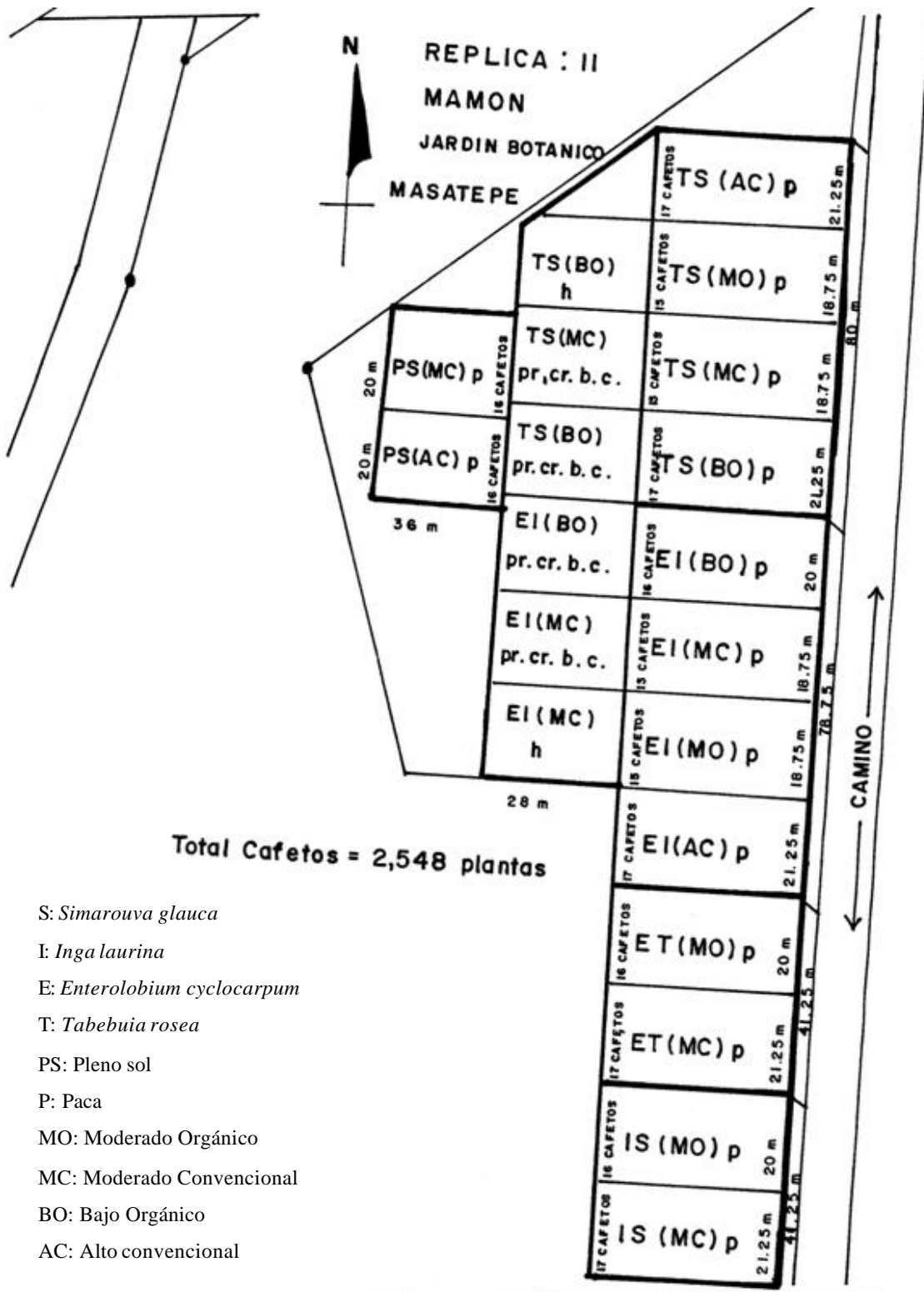
Componentes	ESPECIES														
	<i>Simarouba glauca</i>					<i>Inga lauriana</i>					<i>Tabebuia rosea</i>				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Hoja	1.92	1.20	0.98	3.84	0.08	2.70	0.25	0.79	3.12	0.04	2.14	0.23	1.2	3.99	0.04
Tallos < 2cm	1.31	0.23	0.88	2.8	0.05	1.09	0.12	1.01	3.07	0.03	0.75	0.20	1.23	3.77	0.06
Tallos > 2cm	0.53	0.14	0.41	0.76	0.06	0.66	0.13	0.52	1.03	0.05	0.56	0.15	0.39	0.63	0.06
Tronco	0.84	0.09	0.35	1.04	0.04	0.67	0.15	0.47	1.37	0.06	0.45	0.12	0.26	0.34	0.06
Total	4.59	1.66	2.63	7.43	0.22	5.12	0.66	2.78	8.6	0.18	3.89	0.7	3.07	8.7	0.22



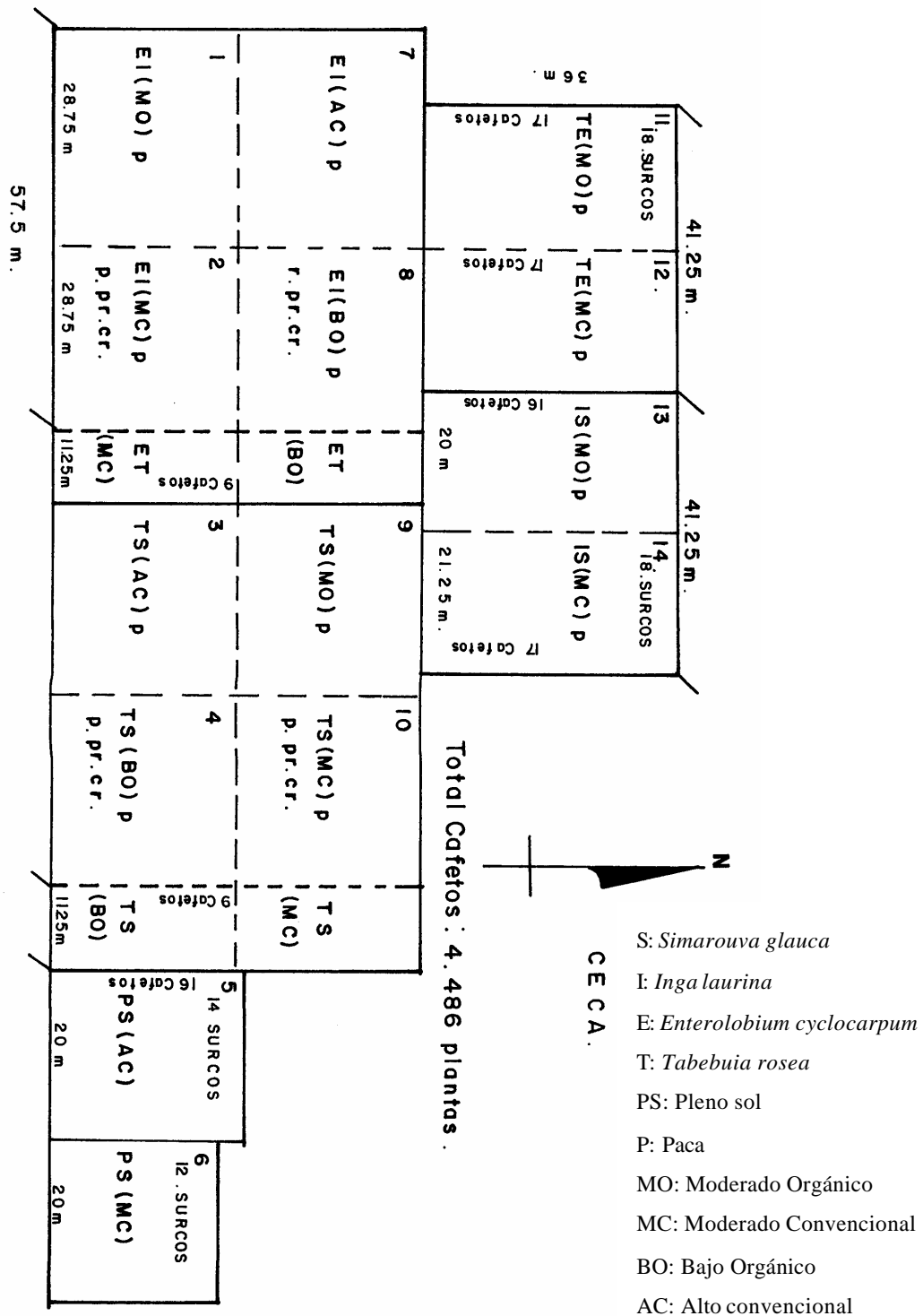
REPLICA : I NISPERO  
 JARDIN BOTANICO  
 MASATEPE



Anexo. 23. Esquema grafico de la replica I establecida en UNICAFE



Anexo. 24. Esquema grafico de la replica II establecida en UNICAFE



Anexo. 25. Esquema grafico de la replica III establecida en Campos Azules (CECA).