

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



**TRABAJO DE DIPLOMA**

**CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y DE SUELOS DE LOS SISTEMAS  
AGROFORESTALES DE CAFÉ EN LOS MUNICIPIOS DE JINOTEGA Y  
ASTURIAS.**

**Autores**

**Br. Daniela Masarelo Pérez García**

**Br. Ana Yamilet López López**

**Asesores**

**Ing. MSc. Leonardo García**

**Ing. MSc. Rodolfo Munguía**

**Managua, Nicaragua .Diciembre 2004**

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Índice general	i
Índice de cuadros	iv
Índice de graficos	vi
Índice de anexos	vii
Dedicatoria	viii
Agradecimiento	x
Resumen	xi
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
2.1.- Objetivo general	3
2.2.- Objetivos específicos	3
III. Hipótesis	3
IV. Materiales y métodos	4
4.1    Localización de las fincas cafetaleras y el nivel de tecnología	4
4.2    Niveles de tecnología estudiados en los municipios de Jinotega y Asturias..	4
4.3    Criterios de selección de cafetales.	5
4.4    Selección y definición de las áreas de muestreo.	5
4.5    Cuantificación de la hojarasca en cafetales.	6
4.6    Caracterización química de los suelos en el cafetal.	6
4.7    Caracterización física de los suelos en el cafetal.	7

4.8	Caracterización de los árboles de sombra y del cafetal	8
4.9	Análisis de los datos	9
V.	Resultados y discusión.	10
5.1.	Caracterización biofísica de los cafetales en los municipios de Jinotega y Asturias.	10
5.1.1.	Uso anterior del suelo, edad de los cafeto, diversidad y predominancia de especies de sombra.	10
5.1.2.	Variedades de café cultivadas.	12
5.1.3.	Altura de plantas, ancho de copa y densidad de plantas de los cafetos.	13
5.1.4.	Porcentaje de sombra y diámetro a la altura de pecho (DAP) en cm. de los árboles.	15
5.2.	Caracterización del uso de nutrientes y rendimientos productivos en cafetales.	16
5.3.	Biomasa de los residuos vegetales y su contenido de nutrientes.	17
5.3.1.	Cantidad de biomasa en diferentes sistemas agroforestales con café.	18
5.3.2.	Concentración (%) de N, P y K en los componentes de la biomasa de los residuos vegetales sobre el suelo.	19
5.3.3.	Cantidad de N, P y K en la biomasa de los residuos vegetales sobre el suelo.	20
5.4.	Caracterización física de los suelos por nivel tecnológico.	22
5.4.1.	Textura de los suelos.	22
5.4.2.	Color de los suelos.	23
5.4.3.	Profundidad de horizontes.	24
5.4.4.	Presencia de grava en diferentes profundidades del suelo	25
5.5.	Características químicas de los suelos cafetaleros.	26
5.5.1.	Acidez del suelo (pH en agua y KCl).	27

5.5.2. Contenido de materia orgánica en los suelos cafetaleros.	28
5.5.3. Contenido de carbono total en los suelos cafetaleros.	30
5.5.4. Contenido de nitrógeno disponible en los suelos cafetaleros.	32
5.5.5. Contenido de fósforo disponible en los suelos cafetaleros.	33
5.5.6. Capacidad de intercambio catiónico en los suelos cafetaleros.	34
VI. Conclusiones	37
VII. Recomendaciones.	38
VIII. Referencias bibliográficas.	39
IX. Anexos.	44

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Nivel tecnológico por productor cafetalero y localización en los municipios de Jinotega.	5
2. Variable a medir en la cuantificación de la hojarasca y determinación química.	6
3. Variables y métodos de determinación en el laboratorio a aplicarse a las muestras de suelo.	7
4. Variables a determinar en la caracterización física de suelo.	8
5. Variables evaluadas en la caracterización de los árboles de sombra.	8
6. Uso anterior del suelo, edad e los cafetos y diversidad de especies de sombra.	11
7. Predominancia de especies de sombra por nivel tecnológico.	11
8. Características agronómicas de los cafetales por sistema agroforestal	14
9. Caracterización de las especies de sombra en los cafetales.	15
10 Cantidad de abonos orgánicos, nutrientes y rendimiento productivo en kg ha <sup>-1</sup> .	17
11 Cantidad de biomasa en kg ha <sup>-1</sup> depositada sobre el suelo en calle e hilera del cafeto.	19
12 Concentración de N,P y K en los componentes hoja fina, hoja gruesa y rama.	20
13 Cantidad de N, P y K en kg ha <sup>-1</sup> en la biomasa del suelo como reserva potencial.	21
14 Clases textuales obtenidas en la caracterización física de los suelos cafetaleros.	22
15 Colores de los suelos cafetaleros obtenidos en la caracterización física.	24
16 Profundidad en cm de horizontes obtenidos en la caracterización de los suelos cafetaleros.	25
17 Presencia de gravas y rocas en diferentes profundidades de los suelos cafetaleros.	25
18 Valores de pH en los suelos cafetaleros determinados en agua y KCl.	26
19 Clasificación de la acidez de los suelos determinados en agua y KCl.	27

20. Contenido de materia orgánica (%) obtenidos en los suelos cafetaleros.	28
21. Contenido de carbono- Total (%) obtenidos en los suelos cafetaleros.	29
22. Contenido de N-disponible (%) obtenidos a diferentes profundidades en los suelos cafetaleros.	31
23. Contenido de P- Total (ppm) obtenidos a diferentes profundidades en los suelos cafetaleros.	33
24 Capacidad de intercambio catiónico (meq / 100 g de suelo) en los suelos cafetaleros.	35

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico	Página
1. Esquema del muestreo de campo en los cafetales a caracterizar.	6
2. Variedades de café cultivadas en Jinotega	12

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
1. Cantidad de N total disponible en ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en la biomasa de los residuos vegetales en calle e hilera del cafetal.	44
2. Cantidad de P disponible en ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en la biomasa de los residuos vegetales en calle e hilera del cafetal.	44
3. Cantidad de K-Total en ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en la biomasa de los residuos vegetales en calle e hilera del cafetal.	44
4. Valores de acidez ( $\text{pH H}_2\text{O}$ ) de los suelos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.	45
5. Valores de acidez ( $\text{pH KCl}$ ) de los suelos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.	45
6. Contenido de materia orgánica (%) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.	46
7. Contenido de C-Total (%) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.	46
8. Contenido de N-Disponible (%) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.	47
9. Contenido de P-Disponible ( $\text{ppm} / 100 \text{ g de suelo}$ ) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.	47
10. Capacidad de intercambio cationico ( $\text{meq} / 100 \text{ de suelo}$ ) obtenidos en calle e la hilera a tres profundidades de los suelos cafetalero.	48
11. Concentraciones de N, P y K en los componentes hoja fina, hoja gruesa y rama.	48

## **DEDICATORIA**

*A DIOS por darme sabiduría para culminar mis estudios.*

*A mi Padre Daniel Pérez y mi hermana Luz Elena Pérez quienes son el lucero y la estrella más grande del universo*

*A la memoria de mis abuelos Paternos y. Maternos*

*A mi madre Martha García por el apoyo que me brindo para lograr mi formación integral, y por estar a mi lado en todos los momentos de mi vida.*

*A mi tío Marcos García y a su esposa Rosa Maria Jarquín por acogerme en su hogar como si fuera un miembro más de su familia.*

*A mis hermanos: Alfredo, Cándida, Dónatela, Rafaela, Gustavo a Francisca y a su esposo por su solidaridad y comprensión.*

*A la familia García Picado en especial a mi prima Alba por el apoyo incondicional que me brindo.*

*Daniela Pérez:*

## **DEDICATORIA**

*A DIOS por darme vida y sabiduría para terminar mi carrera universitaria.*

*A mi mama Teresa López por todo su cariño, apoyo y comprensión dedicada a mi formación social y profesional.*

*A mi papa Adrián López, (q. e .p .d) por que donde quiera que este se sentirá orgulloso de mi y de la carrera que elegí.*

*A mi hermano Orlando López (q .e .p d) por que fue un gran ejemplo de lucha y dedicación.*

*A mis hermanas (o) Margerena, Dania, Gloria, Marcia, y Javier por el apoyo moral brindado*

*A todos mis sobrinos Milton, Marcela, Valeria, Orlando, Laleska, Heidi, Ariana, Jesús, Anner y en especial Adriancito que se fue a formar parte de los Angelitos de DIOS.*

*De manera personal deseo agradecer a las siguientes personas.*

*Al Sr. Pedro Zubiaguirre del hermanamiento Lazarte-Oria – Somoto por haber financiado mi carrera universitaria.*

*Al Sr. Marcio Rivas de ASODECON por haber hecho contacto con las personas del ayuntamiento Lazarte-Oria.*

*A la ingeniera Jasmina Martínez por su amistad y apoyo económico brindado durante la realización del trabajo de tesis y en los últimos años de mi carrera.*

*Ana López*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos sabiduría para culminar nuestros estudios.

Al Proyecto UNA / MERYLAND por facilitarnos el financiamiento para la realización del trabajo de Diploma.

A nuestros Asesores Ing. MSc. Leonardo García por el apoyo brindado, en especial al Ing. MSc. Rodolfo Munguía por su dedicación, y conocimientos brindados durante la realización del trabajo de Diploma.

Al Ing. Víctor Cáceres por su colaboración brindado en el trabajo de campo.

A nuestros compañeros Arlen Moreno y Carlos Navorio por compartir sus conocimiento.

A los diferentes productores de café de Jinotega por permitirnos realizar la etapa de campo de nuestro trabajo, poniendo a disposición sus fincas.

A la Universidad Nacional Agraria por darnos la oportunidad de culminar nuestros estudios.

A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para la culminación de nuestro

Trabajo de diploma

Ana y Daniela

## RESUMEN

El trabajo se realizó en los diferentes municipios de Jinotega ubicados geográficamente entre las coordenadas  $13^{\circ}05'06''$  de latitud N y  $85^{\circ}59'48''$  de longitud W y en un rango de altura de 600 – 1500 m.s.n.m. El objetivo principal de este trabajo fue caracterizar los diferentes sistemas agroforestales con café, se logró identificar cuatro sistemas: Leguminosa bajo orgánico, leguminosa moderado orgánico, leguminosa moderado químico y a pleno sol con replica de dos para obtener un total de ocho fincas. Se seleccionaron sistemas con sombra de especies leguminosa, el área de muestreo conformada por ocho metros lineales y cuatro surcos de cafetos, en cada cafetal se seleccionaron tres áreas de muestreo, en cada área se ubicó cinco puntos diagonalmente tanto en la hilera como en la calle donde se cuantificó la biomasa y se sustrajeron las muestras para la caracterización física y química de los suelos. Dentro de esta misma área se realizó la caracterización biofísica de los cafetos y de los árboles de sombra. Tanto para las variables biofísicas, físicas y químicas y se realizó un análisis descriptivo donde se logró identificar seis especies de sombra en los cafetales siendo las más abundantes *Inga* sp con 62% de predominancia y Musáceas con 21.8%. La variedad de café más cultivada es caturra con 50% de aceptación y se establece de 4013 - 6627 plantas/ha<sup>-1</sup> con densidad de 245 – 270 árboles de sombra /ha<sup>-1</sup>. El sistema leguminosa más bajo orgánico presentó el contenido más alto de biomasa con 3944kg/ha<sup>-1</sup> y por consiguiente el mayor contenido de materia orgánica con 29.62% a una profundidad de 0 – 30 cm. y el mayor contenido de N y C en el suelo. El sistema leguminosa más moderado químico obtuvo los contenidos más altos de NPK en la biomasa y este mismo sistema generó los más altos rendimientos de producción, obteniendo también los contenidos más altos P en el suelo. Dentro de las características físicas de suelo las texturas predominantes es la franco arcillosa y los colores van de café oscuro con tendencia a café claro (10YR 2/1;7.5YR2/1), con suelos moderadamente profundos. La mayoría de los sistemas dentro de la característica química presentó una acidez media con tendencia a fuerte. Los contenidos de N, P y C en el suelo son mayores en las profundidades de 0 -5 cm disminuyendo a medida que profundiza el perfil. El sistema leguminosa más moderado orgánico obtuvo la mayor capacidad de intercambio catiónico.

## **I.- Introducción**

El cultivo del café (*Coffea arabica*, L.) constituye la actividad de mayor importancia económica y uno de los principales productos de exportación para el país, su contribución dentro del PIB nacional ha representado porcentajes por encima del 5 % y casi llega a duplicarse entre 1990 y el 2000 al pasar de un aporte de 4.4% a 7.1%, como consecuencia de un aumento en la producción (IICA 2003). Representando entre el 28 al 30 % de la producción nacional (MAG 1998), y constituyendo una fuente importante de ingresos económicos para unas 180.000 familias (PANIF 1998).

Los departamentos de Matagalpa y Jinotega, son las zonas que presentan mejores condiciones agroecológicas, presentando estos la mayor producción y los mas altos rendimientos a nivel nacional. En Jinotega se cultiva el 33.3 % del área total nacional, obteniéndose el 45.42 % de la producción nacional con rendimientos promedios de 15 qq mz<sup>-1</sup> (969.19 kg ha<sup>-1</sup>) (IICA 2003). Las zonas altas del país como el caso de Jinotega, aparecen como zonas potenciales para el desarrollo de sistemas agroforestales o el desarrollo de una agricultura intensiva con cultivos permanentes (PANIF 1998).

La agroforestería ha recibido mucha atención, ya que estos sistemas son más sostenibles que la producción en monocultivo y se adaptan fácilmente a las pequeñas explotaciones agrícolas (Beer 1995). El componente arbóreo se integra, para mejorar las condiciones del suelo y para el mismo cultivo (UNICAFE 1996).

En los sistemas agroforestales se desarrollan diferentes interacciones positivas como negativas entre árboles–cultivos–suelo–clima–organismos vivos. Entre las interacciones positivas están: El mejoramiento de las condiciones ambientales al cultivo debido a la sombra de los árboles lo cual reduce la temperatura del aire y del suelo (Barradas y Fanjul 1986); una eficiente utilización de la luz solar a través de los diferentes estratos aéreos que captan mayor cantidad de radiación solar produciendo una mayor biomasa (Willey y Reddy 1981); la supresión del crecimiento de las malas hierbas debido a la disminución de la cantidad de luz solar que llega al estrato inferior (Yamoah et al,1986).

Los árboles contribuyen a través de la hojarasca y residuos de poda al incremento de la materia orgánica, al aumento de la actividad biológica edáfica; con ello, son capaces de mantener o aumentar la fertilidad de los suelos. Toda esta actividad, ayuda al mejoramiento de

la estructura del suelo, la capacidad de retención de agua, estabilidad de los agregados del suelo y la reducción de las pérdidas por erosión (Basavaraju y Gururaja, 2000; Mafongoya et al, 1998; Palm y Sánchez 1990); también permiten el reciclaje eficiente de los elementos minerales, y el establecimiento de árboles leguminosos que fijan cantidades importantes de nutrientes (Fassbender 1993). Estos aspectos positivos que son favorables en el sistema agroforestal se contraponen a la interacción negativa dada por la competencia por luz agua y nutrientes que desarrollan los componentes (Mafongoya et al, 1998).

La fuente originaria de la materia orgánica y del humus son los restos de animales y vegetales estos residuos son objeto de mineralización y humificación hasta llegar a compuestos elementales de las proteínas, carbohidratos y de las grasas .La mineralización implica la formación y liberación de una serie de compuestos importantes para la nutrición de las plantas, como N, P, S, Ca, K y Mg, que se disponen directamente para los cultivos. Por medio de la humificación se producen sustancias inorgánicas que reciben el nombre de ácidos húmicos. Por los procesos de mineralización y humificación se producen en la capa de mantillo sustancias minerales que son acumuladas especialmente en el horizonte del suelo.

La importancia de los sistemas agroforestales es que aceleran los procesos productivos de la tierra, manteniendo, mediante la combinación de dos o mas componentes del ecosistema con el fin de: brindar mejores alternativas al productor, aumentar sus ingresos productivos, mejorar su seguridad alimentaria y calidad de vida y ayudar a mantener el equilibrio ecológico en el sistema (Moreno, 2000). Lo recomendable en el cultivo del café es mantenerlo bajo sombra, mediante el uso de especies adaptadas al sitio y de fácil manejo; para que no afecten el crecimiento y rendimiento del cafetal (UNICAFE 1999)

La caracterización de diferentes sistemas agroforestales de café, permite generar información sobre el manejo y conservación de los recursos para mejorar la productividad del sistema, los resultados obtenidos en esta caracterización podrían contribuir a orientar los diseños de programas de identificación investigación, caracterización, capacitación y evaluación y de los sistemas con el fin de obtener de ellos la suficiente información que permita seleccionar las posibles alternativas de solución a los problemas de baja productividad y deterioro del medio ambiente.

## **II.- OBJETIVOS**

### **2.1.- OBJETIVO GENERAL**

Realizar una caracterización de los sistemas agroforestales con café en sus componentes sombra, producción de biomasa, propiedades físicas y químicas de los suelos y manejo del cultivo, relativo a la nutrición de las plantas en los municipios de Jinotega y Asturias.

### **2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Hacer una descripción de las propiedades físicas de los suelos en cuatro sistemas agroforestales con café y como han sido afectados por el manejo de sombra y nutrientes.
- Evaluar a través de las propiedades químicas de los suelos los efectos producidos por el manejo de sombra y nutrientes.
- Comparar la contribución del estrato arbóreo utilizado como sombra en cafetales relativos a la cantidad de los residuos vegetales y los contenidos de nutrientes en diferentes sistemas agroforestales.
- Identificar las especies de sombra presentes en los diferentes sistemas agroforestales con café.
- Caracterizar el manejo de la sombra en los diferentes sistemas agroforestales con café estudiados en los municipios de Jinotega y Asturias.

## **III.- HIPOTESIS.**

Las condiciones físicas y químicas de los suelos se ve influenciadas por el tipo de componente relativos al estrato arbóreo el cual es utilizado como sombra en cafetales comparados con el sistema a pleno sol.

#### **IV.- Materiales y métodos**

##### **4.1.- Localización de las fincas cafetaleras y el nivel de tecnología.**

El trabajo se inicio en el mes de octubre 2003, en el departamento de Jinotega. Para ello se hizo contactos con entidades como (INTA, MAGFOR, UNICAFE, GRUPO CAFÉ DE NICARAGUA y PRODUCTORES PRIVADOS). Se visitaron las fincas para determinar las tres áreas de muestreo. En el mes de enero del 2004, se realizo el trabajo de campo en las comunidades de Jinotega (Cuadro 1), ubicadas geográficamente entre una latitud de 13° 05' 06'' N y una longitud de 85° 59' 48'' W. Según INETER (2003) la altitud varia entre los 1000 - 1300 msnm. La precipitación anual es de 1326 mm., con una temperatura que varia de 15 °C a 27.6 °C. y una humedad relativa media de 80.1%.

En Nicaragua las plantaciones de café en las zonas altas se encuentran en las regiones norte y central ubicadas entre 600-1500 m.s.n.m. Estas zonas presentan una menor limitación para la producción de café en cuanto a temperatura y lluvia, aunque puede presentar ciertas limitantes en cuanto a los suelos y pendientes (Guharay *et al*, 2000).

La localización de los sistemas estudiados según la altura promedio sobre el nivel del mar para los 4 sistemas es semejante la cual se puede observar en los rangos de altura establecidos. La altura registrada en todos los sistemas se puede considerar ecológicamente adecuada para el cultivo del café. El sistema que se encuentra ubicado a una mayor altura es el de pleno sol mas alto insumo, encontrándose en un rango de 853-1392 m.s.n.m seguidos del sistema leguminosa más químico ubicado en un rango de 1027-1119 m.s.n.m. Los que se encuentran un rango a menor altura son leguminosa mas moderado orgánico con un rango de 1035-1050 m.s.n.m. seguido por el sistema de leguminosa mas bajo orgánico ubicado a menor altura, con un rango de 939-1061msnm (Cuadro 1)

##### **4.2.- Niveles de tecnologías estudiadas en los municipios de Jinotega y Asturias.**

Se identificaron cuatro sistemas agroforestales con café para el presente estudio, los que a continuación se denominan:

- a.- Cafetal a pleno sol y moderado a alto uso de fertilizantes químicos.
- b.- Cafetal con sombra de árboles leguminosos y moderado uso de abonos orgánicos

c.- Cafetal con sombra de árboles leguminosos y bajo uso de abonos orgánicos.

d.- Cafetal con sombra de leguminosas y alto a moderado uso de abonos químicos.

Cuadro 1.- Nivel tecnológico por productor cafetalero y localización en los Municipio de Jinotega y Aturias.

Nivel de tecnología		Productor	Finca	Altura (msnm)	Comunidad
Sombra	Insumos				
Leguminosa	Moderado químico	Jorge A. Chávez	Santa Maura	1027-1119	San Pedro de Buculmay
		Ricardo Rosales	Jesús María		Corinto
	Moderado Orgánico	Reinaldo Centeno	El Paraíso	1035-1050	Mancotal
		Horacio Jesús Chavarria	San Francisco		San Pedro de Buculmay
	Bajo Orgánico	Clemente Rizo	Ojo de Agua	939-1061	San Pedro de Buculmay
Alberto Pérez		El Rosario		Paso Real	
Pleno Sol	Moderado a alto insumo	Miguel Gómez	Agricriti	853-1392	San José de las Latas
		INTERSA*	Buenos Aires*		La Virgen

\* Finca perteneciente al municipio de Asturias, departamento de Jinotega

#### 4.3.- Criterios de selección de cafetales.

Se seleccionaron por cada sistema de sombra y nivel de insumo aplicado 2 cafetales que presentarán similares características, tomando en cuenta los siguientes criterios: el aporte y manejo de los nutrientes aplicados al cafetal y los rendimientos obtenidos en los últimos cinco años, el tipo de especie de sombra establecida o presente en el cafetal y que presentarán una edad mayor de cinco años.

#### 4.4.- Selección y definición de las áreas de muestreo

Se seleccionó en cada uno de los cafetales, 3 áreas de muestreo conformado por 5 m lineales en el surco de café y 4 surcos (2 a 2.5 m entre surcos) tomando en cuenta la influencia homogénea de la sombra de árboles. En cada área de muestreo se ubicaron cinco marcos de 0.25 m<sup>2</sup> (0.5 x 0.5 m) ubicados diagonalmente tanto en la hilera como en la calle de los cafetos (Gráfico 1).

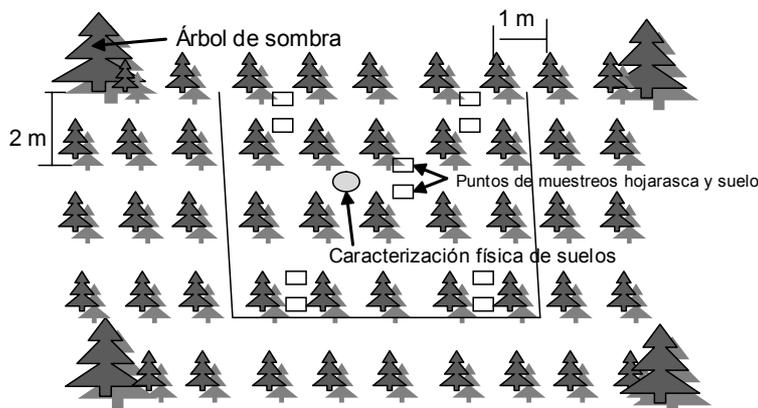


Gráfico 1.- Esquema del muestreo de campo en los cafetales a caracterizar.

#### 4.5.- Cuantificación de la hojarasca en cafetales.

En los marcos ubicados diagonalmente con respecto al área de muestreo se recolectó toda la hojarasca, separándolas en fracción rama (ramas finas),

fracción gruesa (hojas enteras) y fracción fina (hojas fragmentadas), se pesó en estado fresco cada sub.-muestra. Se homogenizaron las 5 submuestras para obtener una muestra representativa de 200 g., las que se colocaron en bolsas de kraft debidamente etiquetadas, anotando los pesos en hojas.

Se trasladan y se secaron las muestras de hojarasca al laboratorio, a una temperatura de 65 °C hasta obtener el peso constante de la materia seca. Posteriormente, se procedió a molerlas para realizarles el análisis químico y determinar los contenidos de N, P y K en la biomasa. (Cuadro 2)

Cuadro 2.- Variables a medir en la cuantificación de la hojarasca y determinación química.

Variabes a medir	Método de determinación	Lugar	Requerimientos
Peso fresco de sub-muestras	Pesada de hojarasca	Campo	Bolsas plásticas, Balanza; Marcador
Peso seco muestra compuesta	Secado y pesado	Laboratorio	Bolsas papel, Balanza Marcadores, Horno
Carbono total	Incineración	Laboratorio	Horno
Nitrógeno total	MicroKjeldhal	Laboratorio	Balones Kjeldhal
Fósforo total	Calorimétrico, metavanadato de amonio	Laboratorio	Colorímetro

#### 4.6.- Caracterización química del suelo en el cafetal

En los mismos puntos de muestreo, se realizó la extracción de suelos. En cada punto se obtuvo cinco submuestras a una profundidad de 0 - 5 cm. y tres submuestras para las profundidades

de 5 - 15 cm y 15 - 30 cm extraído en la hilera y calle de los cafetos (Gráfico 1). Cada submuestra se colocó en recipientes plástico de 3 kg debidamente etiquetados por nivel de profundidad; posteriormente se homogenizaron para obtener una muestra representativa de 300 g cada una, las que se depositaron en bolsa debidamente etiquetadas y luego se secaron a temperatura ambiente en un lapso de 48 horas. Finalmente el suelo se tamizó en un tamiz de 2 Micras para obtener una muestra de partículas gruesa y una fina en un tamiz de 0.25 micras para determinar las siguientes variables (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Variables y métodos de determinación en el laboratorio a aplicarse a las muestras de suelo.

Variable a medir	Profundidad (cm)			Método de determinación	Requerimiento
	0 a 5	5 a 15	15 a 30		
pH del suelo en H <sub>2</sub> O	X	X	X	Potenciómetro agua 1:2.5	Agua destilada, Potenciometro
pH del suelo en KCl	X	X	X	KCl	KCl
Materia orgánica (M.O.)	X	X	X	Walkey y Black	Cloruro de Calcio 0.1M Hidróxido de Sodio
Nitrógeno total	X	X	X	Macro kjeldhal	
Fósforo disponible	X	X	X	Olsen	Clorimetrico
Capacidad intercambio cationico	X	X	X	Acetato de amonio pH 7	Acetato de amonio. Destilador de amonio

#### 4.7.- Caracterización física del suelo en el cafetal

Se realizó la georeferenciación de cada una de las áreas de muestreo para cada una de los cafetales estudiados, con la ayuda de un GPS (Geographyc Position System) se determinó la altura sobre el nivel del mar y las coordenadas geográficas.

Para la caracterización física, el punto de muestreo fue ubicado al centro de la calle del área de muestreo, se utilizó un barreno de 2 pulgadas de diámetro hasta llegar a la profundidad de 1.30 m si el suelo lo permitía.

Se perforó cada 15 cm para determinar las diferentes características físicas del perfil del suelo extraído, mediante comparación de colores en la tabla Munsell; determinación de la textura por el método organoléptico y la profundidad del horizonte con la cinta métrica (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Variables de la caracterización física de los suelos realizados en diferentes sistemas agroforestales con café en el departamento de Jinotega.

No.	Variable	Metodología	Requerimientos
1	Textura	Organoléptico Botella de vidrio	Barrenos. Botellas Recipiente plástico
2	Color	Descriptor Mounsell	Tabla de Mounsell
3	Profundidad total	Todos los barrenos extraídos.	Cinta métrica (5m)
4	Profundidad de horizonte	Descripción de suelo por barreno extraído	Cinta métrica (5m)

#### 4.8.- Caracterización de los árboles de sombra y del cafetal

El área de caracterización de árboles de sombra estuvo formada por la extensión del área de muestreo y proyectada 5 m sobre la hilera a ambos lados para obtener una distancia de 15 m y 5 m perpendiculares a cada surco de plantas de café donde se midieron las siguientes variables; el % de sombra fueron medidos 4 puntos del área de muestreo para obtener un promedio y multiplicarse por un coeficiente del densímetro de 1.04 para obtener el valor en porcentaje de sombra. El diámetro de los árboles de sombra se midió a la altura del pecho (DAP) utilizando una cinta diámetro. Así también se contabilizó el número de árboles para determinar la densidad poblacional por especie en cada área de muestreo.

Cuadro 5.- Variables evaluadas en la caracterización de los árboles de sombra

Variable a medir	Método de determinación	Requerimientos
Porcentaje de sombra (%)	Lectura con densímetro	Densímetro Hoja de anotación, lapiceros, tablillas.
Diámetro de troncos (cm)	Medición con cinta diámetro	Cinta diámetro, hoja de anotación, lapiceros tabla de campo
Densidad de árboles sombra	Conteo de árboles por área	Hoja de anotación, cinta métrica (30m) lapiceros, tabla de campo.
Altura de cafetos	Medición con cinta métrica	Cinta métrica
Ancho de copa de cafetos	Medición con cinta métrica	Cinta métrica
Densidad de cafetos	Conteo de cafetos en área de muestreo	Cinta métrica, hoja de anotación
Diversidad de especies de sombra	Conteo de especies	Hojas de anotación
Predominancia de especies	Conteo de árboles por especie	Hoja de anotaciones

Para el caso del cafetal, se seleccionaron 10 árboles de cafeto para medir altura y ancho de la copa de los árboles de café y la densidad poblacional de los cafetos en un área de cinco metros de largo y 3 o 4 surcos. La diversidad de especies se calculó contabilizando las diferentes especies en cada área de muestreo, se promediaron las tres áreas de cada cafetal y luego se realizó por finca posteriormente por sistema (Cuadro 5).

#### **4.9.- Análisis de los datos**

Para todas las variables provenientes de los árboles de sombra, los cafetos y la información brindada por los productores dueños de los cafetales evaluados y definidos por sistemas se procedió a promediar los datos de 3 áreas de muestreo por cafetal y posteriormente la media obtenida por sistemas en base a los datos de cada una de las fincas. Igualmente, para el caso de las variables provenientes de la caracterización física y química de los suelos cafetales para obtener una media por sistema y cafetal.

La manipulación y procesamiento de toda la información de campo obtenida se realizó con la ayuda del software Statistic Analysis Systems versión 8 (SAS Institute Inc 1999).

## **V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1.- Caracterización biofísica de los cafetales en los municipios de Jinotega y Asturias.**

La realización de prácticas de manejo en los sistemas agroforestales tiene como objetivo recuperar o aumentar el nivel de productividad del sistema y favorecer la conservación de los recursos disponibles (Montagnini 1992).

El sistema de café bajo sombra es cultivado tradicionalmente por pequeños y medianos productores con la finalidad de mantener la estabilidad productiva del sistema y mejorar las condiciones ambientales. En cambio el sistema a pleno sol es de alta tecnología y están orientados a lograr rendimientos máximos de cultivos mediante el uso masivo de agroquímicos y mano de obra, el cual es desarrollado por grandes productores (Beer 1995).

#### **5.1.1.- Uso anterior del suelo, edad de cafetos, diversidad y predominancia de especies de sombra.**

El uso de más de una especie (leguminosa y no leguminosa) como sombra en los cafetales, presentes en estos sistemas son beneficiosas, ya que los árboles brindan sombra, ayudan a la recuperación de los suelos degradados y aportan materia orgánica al mismo. Estas especies son utilizadas por los productores de café, debido a que le proporcionan beneficios como leña, productos alimenticios y medicinales (Beer 1997).

Los resultados obtenidos en Jinotega, indican que uno o dos especies de sombra predominan en cada finca, siendo *Inga spp* (Guaba) la más empleada, seguido de *Musa spp*. (Plátano, Banano) y en proporción menor se encuentra *Citrus spp*, (Naranja Dulce), *Gliricidia sepium* (Madero Negro) y *Ricinus comunis* (Higuerilla). Estas especies son utilizadas por los productores de café, debido a que le proporcionan beneficios como leña, productos alimenticios, medicinales, etc.

Los cafetales se encuentran en plena etapa productiva debido a que su edad oscila entre un rango de 5 - 40 años; se encontró un productor que utiliza especies como *Inga spp* y de insumo moderado orgánico que es propietario de un cafetal que tiene 40 años (Cuadro 6).

Los resultados indican que la diversidad de especies es baja en estos sistemas y podría deberse al poco conocimiento de la utilización de diferentes especies de sombra en el cafetal como una alternativa para diversificar el sistema, y la sustitución de un cultivo por otro o la combinación de uno o más cultivos que les permita la obtención de una diversidad de productos que mejoren su situación económica.

Cuadro 6.- Uso anterior del suelo, edad de los cafetos, y diversidad de especies de sombra.

Sistema	Uso Anterior de Suelo	Edad del Café	Diversidad por finca
Pleno Sol + Moderado químico	Bosque, Potrero, Hortalizas	6 - 10	-
Leguminosa + Moderado químico	Potrerros, Café	11 - 12	1.33
Leguminosa + Moderado orgánico	Rastrojo, Maíz , Café	5 - 40	2
Leguminosa + Bajo orgánico	Potrero, Maíz, Frijol	5 - 10	1.83

De acuerdo con Montagnini *et al* (1992) explica que existen muchos tipos de especies de sombra que se utilizan según: el área de la finca, el cultivo de otros productos, las preferencias de los productores, el nivel tecnológico que requiere y la capacidad económica de cada caficultor. Las especies más comunes son de tipo leguminosas, además tienen establecido especies maderables.

Cuadro 7.- Predominancia (%) de especies de sombra por nivel de tecnología.

Especie	Leguminosa + Moderado químico	Leguminosa + Bajo orgánico	Leguminosa + Moderado orgánico
Guaba	83.3	58.3	44.4
Madero Negro	-	16.3	-
Higuerilla	8.3	-	-
Musáceas	-	16.3	33.3
Elequeme	8.3	-	16.6
Cítricos	-	8.3	5.5

La especie de sombra predominante en los tres sistemas es *Inga sp* reportando un (83.3 %) para leguminosa mas moderado químico, seguido de leguminosa mas bajo orgánico con (58.3 %) y 44.4 % para leguminosa mas moderado orgánico. Esta especie es utilizada por que genera productos adicionales al sistema como: leña, sombra, gran cantidad de materia orgánica y además es una especie que mejora las propiedades del suelo. *Erythrina berteroana* es

utilizadas en el sistema leguminosa mas moderado organico y moderado quimico con (16.6%) y (8.3 %) debido a que genera productos adicionales (leña, sombra y materia orgánica) y cumple básicamente con las funciones de proporcionar sombra y mejorar el suelo por su capacidad de integrar nitrógeno.

*Gliricidia sepium* es otra de las especies de sombra, que su madera es utilizada para base de casas y en el establecimiento de cercas vivas debido a su gran resistencia a la intemperie, proporciona sombra, leña e igualmente fija Nitrógeno.

*Musa ssp*, estas especies participan en un 16.3% en el sistema leguminosa más bajo orgánico y en un 33% en leguminosa más moderado químico, debido a que genera productos alimenticios y da sombra al café, tradicionalmente se le ha asociado con este cultivo y destinado para la venta, donde obtiene ingresos económicos adicionales. Las especies de cítricos se encuentran en menor porcentaje ya que su producto es utilizado para el auto consumo, proporciona sombra al cafetal y se destina también para la venta. Estos datos coinciden con los resultados expresados por Schibli (2001) en la zona norte de nicaragua que indica que las especies de sombra mas utilizadas fueron *Inga sp* y Musáceas.

### 5.1.2.- Variedades de café cultivadas

Los resultados obtenidos e indicados por los productores muestra el uso de diferentes variedades de café, siendo de mayor presencia en ocho cafetales agroforestales: Caturra (4 cafetales), Catimor (3 cafetales), Catuai y Borbón (2 cafetales) respectivamente (Gráfico 2).

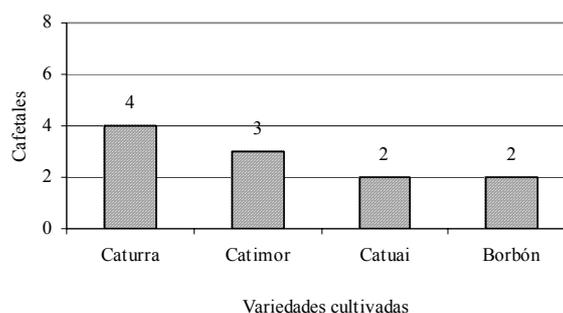


Gráfico 2.- Variedades de café cultivadas en Jinotega

La variedad Caturra, es la más cultivada en las fincas caracterizadas, debido a su adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de la zona. Es una mutación proveniente de la variedad Borbón, descubierta en Brasil, es una planta de porte bajo y puede establecerse a distancias más cortas para incrementar su producción, es altamente productiva y de buena calidad. Requiere de un buen manejo y una adecuada fertilización, en caso contrario, puede agotarse

rápidamente lo cual es más acentuado bajo condiciones limitantes de suelo y clima. Los rendimientos obtenidos a alturas menores de 1200 m.s.n.m son bajos (PANIF 1998).

Otra de las variedades cultivadas por los productores de café en Jinotega, es Catimor; es la variedad comercial más recientemente introducido en la Caficultura y surgió como una alternativa para sobrellevar el problema de la Roya del Café. En general, son muy precoces y productivas, con rendimientos iguales o superiores a las otras variedades comerciales como Paca y Caturra, aunque son muy exigentes en el manejo del cultivo especialmente en cuanto a la fertilización y manejo de la sombra (PANIF 1998).

La variedad Catuai es cultivada en menor grado por los cafetaleros, ésta es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra realizadas en Brasil, se considera una planta de porte intermedia más alta que el Caturra una variedad muy vigorosa, el fruto no se desprende muy fácilmente de la rama lo que es una ventaja para la zona donde la maduración coincide con periodos de lluvia. Tiene una mayor capacidad productiva en relación con Caturra, se adapta muy bien en zonas altas (arriba de 900 m.s.n.m) y en poblaciones de 5000 plantas por hectáreas. Por su alta productividad y menor rusticidad requiere menor atención agronómica para exponer plenamente su potencial (PANIF 1998).

La variedad menos utilizada por los productores de café es el Borbón, debido a que sus granos y frutos son un poco más pequeños y en zonas donde la cosecha coincide con las lluvias intensas hay riesgos de la caída del fruto y por su porte alto es mas susceptible a los vientos fuertes siendo necesario protegerlos en zonas que presentan estos problemas (PANIF 1998).

### **5.1.3.- Altura de planta, ancho de copa y densidad de plantas de los cafetos**

La producción de café se ve influenciada por el medio agroecológico en que se desarrolla; como la temperatura e intensidad lumínica siendo las más importantes (Carvajal 1984). Cuando estos afectan, ejercen influencia directa sobre la fisiología de la planta y sus diferentes etapas; sin embargo, existen otros factores de tipo agronómico que influyen en su desarrollo, como: variedad, densidad de siembra, manejo de sombra y nutrición (Enriques 1984). De acuerdo con Garriz y Vicuna (1990), tanto los factores de tipo físico y agronómico, en rango óptimos conforman el ambiente propicio para el desarrollo del café.

La altura de la planta es importante por que nos indica el crecimiento ortotrópico, lo cual proporciona bandolas que garanticen la producción en el próximo año. Se puede observar en el (Cuadro 8) que los cafetos presentaron una buena estructura vegetativa debido a que los productores les brindan atención agronómica manteniendo una altura que oscila entre 1.99 y 2.40 m; sin embargo, se debe indicar que el sistema con sombra de leguminosa bajo orgánico muestra una altura de planta de cafetos de 2.40 m debido a que este sistemas se ha manejado tradicionalmente sin realizarle prácticas de manejo agronómico.

En el presente estudio se determinó que los cafetales con mayor altura de la planta la presentan los sistemas con niveles bajo y moderado orgánico con sombra de especies leguminosas debido a que son manejados tradicionalmente y donde la práctica de poda en los cafetos es poco común coincidiendo con lo expresado por Palma *et al* (1991).

Caso contrario a esto, los sistemas con alto y moderado uso de insumo ya sea cafetales a pleno sol y con sombra de leguminosas presentaron las menores alturas de plantas de cafeto, evidenciando con ello el manejo que el productor brinda a través de la poda.

El sistema que mayor ancho de copa presentó con respecto a los demás es el sistema a pleno sol alto insumo (1.55 m), esto podría deberse a que presenta un alto nivel de tecnología, dentro del cual se realiza un manejo adecuado que le da una buena estructura a la planta, seguido de este sistema el leguminosa más moderado orgánico con un ancho de copa de 1.50 m., y los sistemas que menor ancho de copa presentaron son el leguminosa más moderado químico (1.47 m) y leguminosa mas bajo orgánico (1.42 m) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Características agronómicas de los cafetos por sistema agroforestal.

Sistema agroforestal con café	Altura del Café (m)	Ancho de Copa (m)	Plantas por ha.
Leguminosa + Bajo orgánico	2.40 (0.65)	1.42 (0.22)	4 013
Leguminosa + Moderado orgánico	2.31 (0.51)	1.50 (0.14)	5 333
Leguminosa + Moderado químico	1.99 (0.36)	1.47 (0.25)	5 601
Pleno Sol	2.07 (0.36)	1.55 (0.28)	6 627

Entre paréntesis la desviación estándar.

Palma *et al* (1991), indican en estudios realizados en áreas cafetaleras del país, que la poda de los cafetos es una práctica poco usual en el manejo de la finca, debido al poco conocimiento

de los beneficios que conlleva o al rechazo del productor por tradicionalismo o por temor a una reducción de la producción al podar total o parcialmente una planta.

La poda de los cafetos, es una actividad fundamental de manejo que debe efectuarse periódicamente, con el objetivo de renovar el tejido productivo para mantener niveles de producción económicamente rentable durante la vida útil del cafetal. Además con un buen sistema de poda se modifica la estructura de la planta y se facilita la ejecución de prácticas culturales como el control de maleza, el combate de plaga y enfermedades (Palma *et al*, 1991). En lo que respecta a la densidad de plantas por se puede observar en el Cuadro 8 que la densidad poblacional de cafetos en estos sistemas oscila entre 4000-6500 plantas ha<sup>-1</sup> coincidiendo con las densidades de plantas encontradas por Munguía (2003), en Costa Rica ya que obtuvo densidades de 4575 - 4150 plantas ha<sup>-1</sup> en dos fincas cafetaleras.

#### 5.1.4.- Porcentaje de sombra y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles.

La sombra afecta el micro clima del cafetal, la cual reduce la cantidad de radiación solar que llega al sistema, siendo este porcentaje entre 20 al 80 % (Golberg y Kigel 1986). Sin embargo, el porcentaje de sombra que se recomienda para un cafetal es de 30 - 40 %, dependiendo de las condiciones del lugar, principalmente del clima y de la fertilidad de los suelos (ANCAFE 1995).

El exceso de sombra reduce el potencial productivo de las variedades de café y se ha encontrado un efecto mayor para el caso de la variedad Caturra, ya que evitan que los cafetos respondan adecuadamente al aprovechamiento del agua, luz, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y los nutrientes. En consecuencia, la productividad de estos cafetales en estas condiciones es baja (Alvarado 1990).

Cuadro 9.- Características de la especies de sombra en cafetales.

Sistema	Diámetro a la altura del pecho en cm	Sombra (%)	Árboles por ha
Leguminosa + Bajo orgánico	29 (18)	71 (8)	265
Leguminosa + Moderado orgánico	25 (4)	82 (11)	270
Leguminosa + Moderado químico	16 (3)	39 (12)	245

Entre paréntesis la desviación estándar.

En el presente trabajo se obtuvo que el diámetro de los árboles de sombra en los sistemas estudiados resultó ser diferente siendo el sistema leguminosa mas moderado químico el que presento un menor DAP con 16 cm, y una menor población (245) de árboles  $\text{ha}^{-1}$ . El porcentaje de sombra para éste mismo sistema fue de 39 % en comparación con los otros sistemas en estudio, esto podría atribuirse a que en este caso existían árboles jóvenes y se les brindaba manejo agronómico, como podas de ramas secas, deformes y ramas dañadas (Cuadro 9).

Mientras que el sistema leguminosa mas moderado orgánico presenta mayor numero de 270 árboles  $\text{ha}^{-1}$  con los porcentajes de sombra superiores a los presentados por los demás sistemas y el DAP es mayor (25cm) al sistema anterior, pudiendo estar influenciado a que en este sistema no se practican podas periódicas que reduzcan la sombra y a que son árboles de mayor edad, por lo tanto su diámetro es mayor (Cuadro 9).

Para el sistema leguminosa mas bajo orgánico se encontró menor número de árboles  $\text{ha}^{-1}$  con (265) en comparación con moderado orgánico, el porcentajes de sombra es menores; pero con un DAP superior. Estos resultados se podrían asociar a que en este sistema los árboles de sombra son más adultos hasta de 40 años y en el porcentaje de sombra podría influir el porte estructural de los árboles de la copa en cuanto al tipo de especie predominante (Cuadro 9).

Según la caracterización de un cafetal con especies de sombra no leguminosa (*Eucalyptus deglupta*) de cuatro años de edad en fincas cafetaleras en la zona sur de Costa Rica realizada por Munguía (2003), las densidades de árboles de sombra encontradas en dos fincas fueron de 269-213 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , estos resultados mostraron ser similares con el presente trabajo (Cuadro 9).

## **5.2.- Caracterización del uso de nutrientes y rendimientos productivos en cafetales.**

La nutrición del cafeto es uno de los factores que mas influye en el rendimiento; estos en producción demandan mayores cantidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Una cosecha de 1001.45 kg  $\text{ha}^{-1}$  extrae aproximadamente 17.21, 3.82, 27.73 y 1.9 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N, P, K y Mg respectivamente, esto indica las pérdidas del suelo al retirar la cosecha de los frutos de café,

por lo que es necesario restituir los nutrientes exportados, aplicando fórmulas completas las que pueden complementarse con fuentes nitrogenadas. La fertilización se hace con el objetivo de mantener niveles adecuados de nutrientes que generalmente el suelo no suministra a las plantas conforme lo demanda, para su buen crecimiento, producción y calidad de la cosecha (UNICAFE 1999).

El sistema Leguminosa más moderado químico, es donde se aplican las dosis de fertilizantes más altas 210.22, 31.675 y 669.76 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K respectivamente obteniendo así una mayor producción, estando también influenciadas por el tipo de sombra establecidas tal y como lo expresa Castillo *et al* (2003). Por otro lado el café cultivado a pleno sol necesita el aporte de una mayor cantidad de fertilizantes debido a que estos sistemas demandan mayor cantidad de nutrientes para obtener altos rendimientos, dadas que sus exigencias son fuertes. El sistema leguminosa bajo Orgánico reportan los menores rendimientos (544.4 kg ha<sup>-1</sup>); sin embargo el sistema Leguminosa más moderado Orgánico con las aplicaciones de bocashi logra obtener una mejoría productiva incentivando a estos productores a que participen en el mercado orgánico, lo cual significa un sobreprecio en el café.

Cuadro 10.- Cantidades de abonos orgánicos, nutrientes y rendimiento productivo en kg ha<sup>-1</sup>.

Sistema	Años reportados	Contenido de abono y nutrientes aplicados en kg ha <sup>-1</sup>				Años y grano oro en kg ha <sup>-1</sup> reportados	
		Orgánico	N	P	K	Años	kg ha <sup>-1</sup>
Pleno sol	3		180.25	21.324	59.38	4	3219.8
Leguminosa + moderado químico	5		210.22	31.675	69.56	5	3387.1
Leguminosa + moderado orgánico	3	1733.70				5	1231.4
Leguminosa + bajo orgánico	0					5	544.4

### 5.3.- Biomasa de los residuos vegetales y su contenido de nutrientes

La biomasa está compuesta por elementos nutritivos que se acumulan en las plantas generalmente como compuestos de una estructura polimerizada como carbohidratos; proteínas, grasas o como compuestos inorgánicos más simples. La composición bioquímica de los restos vegetales varía dentro de grandes límites según la edad y funciones del órgano vegetal

analizado: Los tejidos verdes son más ricos en carbohidratos y proteínas y los tejidos leñosos presentan mayores contenidos en compuestos fenólicos, lignina y celulosa (Ruiz y Tórres 1979).

### **5.3.1.- Cantidad de biomasa en diferentes sistemas agroforestales con café**

En el cultivo de café con árboles de sombra, los componentes del sistema se agrupan en bióticos como especies vegetales involucradas en la producción del mismo (raíces, hojas, ramas, tallos, flores y frutos), microorganismos abióticos como el suelo mineral (con sus diferentes horizontes), y la capa de mantillo (con los restos vegetales en descomposición (Beer 1995).

La hojarasca como residuo vegetal al caer sobre la superficie del suelo representa una fuente primaria en la formación de materia orgánica del suelo, por lo que la cantidad de hojarasca, la composición y las propiedades son esenciales para la formación de los procesos de humificación (Kogel – Knabner 2002), actúa como la base de transición de la biomasa viva y el suelo (Cuenca *et al* 1983).

La cantidad de hojarasca presente en un sistema agroforestal está determinada por la especie de árboles de sombra y el manejo que se les brinda. Los resultados muestran que el sistema leguminosa mas bajo Orgánico presentó la mayor cantidad de biomasa (3944 kg ha<sup>-1</sup>), evidenciando que la presencia de los árboles de sombra en un cafetal aporta cantidades importantes de materia orgánica al suelo. La presencia de esta gran cantidad de residuos vegetales, tanto en la calle como en la hilera, se debe a que en los meses de Noviembre a Febrero ocurre la mayor cantidad de hojas caídas de los cafetos y árboles de sombra que sufren un proceso de defoliación natural en algunas de las especies, no así la *Inga* sp.

Tanto los sistemas con Leguminosa mas moderado Químico (3855.0 kg ha<sup>-1</sup>) y el bajo Orgánico (3944.0 kg ha<sup>-1</sup>) presentan una cantidad promedio similar de biomasa (3756 kg ha<sup>-1</sup>) a la encontrada por Munguía (2003) en fincas cafetaleras en Costa Rica

Se cuantificaron 3416.5 kg ha<sup>-1</sup> de hojarasca en el sistema leguminosa mas moderado orgánico con respecto a los sistemas anteriores. Mientras tanto, la producción de hojarasca en los cafetales a pleno sol con alto uso de insumos es relativamente baja (2701.5 kg ha<sup>-1</sup>) en

comparación con la producida por los demás sistemas de café debido a la ausencia de árboles de sombra, esto evidencia que los árboles de sombra aportan cantidades considerables de materia orgánica (Cuadro 11).

Cuadro 11.- Cantidad de biomasa en kg ha<sup>-1</sup> depositada sobre el suelo en calle e hilera del cafeto.

Sistema	Posición	Cantidad de biomasa en kg ha <sup>-1</sup>			
		Hoja Fina	Hoja Gruesa	Rama	Total
Leguminosa + Bajo orgánico	Calle	1466.0	1568.0	811.0	3845.0
	Hilera	1397.0	1538.0	1108.0	4043.0
	Promedio	1431.5	1553.0	959.5	3944.0
Leguminosa + Moderado orgánico	Calle	1329.0	1354.0	981.0	3664.0
	Hilera	1143.0	1377.0	649.0	3169.0
	Promedio	1236.0	1365.5	815.0	3416.5
Leguminosa + Moderado químico	Calle	1559.0	1169.0	874.0	3602.0
	Hilera	2013.0	1193.0	902.0	4108.0
	Promedio	1786.0	1181.0	888.0	3855.0
Pleno Sol	Calle	487.0	1065.0	904.0	2456.0
	Hilera	553.0	1473.0	921.0	2947.0
	Promedio	520.0	1269.0	912.5	2701.5

### 5.3.2.- Concentración (%) de N, P y K en los componentes de la biomasa de los residuos vegetales sobre el suelo

En los diferentes sistemas se encontró una mayor concentración del elemento nitrógeno en el componente hoja fina, la cual es un material que se encuentra en un avanzado proceso de descomposición, esto podría deberse a una inmovilización producto de la actividad microbiana en cuanto a la distribución de nutrientes en las diferentes capas de la hojarasca que al actuar sobre los componentes de los residuos vegetales que caen al suelo y expuestos a su ataque obtienen su alimentación capturando los elementos minerales y que al recolectarse este material no son separados los microorganismos durante la realización del análisis de laboratorio (Cuadro 12). Con respecto al componente hoja gruesa y rama las concentraciones de éste elemento son menores en todos los sistemas agroforestales con rango comprendido entre(1 - 2 %) debido a que estos materiales no han sido descompuestos por los microorganismos y por el tipo de material como es el caso de rama.

Cuadro 12 - Concentración de N, P y K en los componentes hoja fina, hoja gruesa y rama.

Sistema	Componente	Concentración mineral en %		
		N	P	K
Leguminosa + bajo orgánico	Hoja fina	2.35	0.03	0.33
	Hoja gruesa	1.95	0.07	0.67
	Rama	1.53	0.05	0.40
Leguminosa + moderado orgánico	Hoja fina	1.78	0.02	0.33
	Hoja gruesa	2.24	0.05	0.63
	Rama	1.06	0.02	0.56
Leguminosa + moderado químico	Hoja fina	2.36	0.05	0.60
	Hoja gruesa	2.07	0.10	0.79
	Rama	1.63	0.03	0.49
Pleno sol	Hoja fina	2.58	0.07	0.61
	Hoja gruesa	2.22	0.09	1.12
	Rama	2.12	0.02	0.48

Las concentraciones de fósforo y potasio en todos los sistemas agroforestales estudiados presentes en el componente hoja gruesa fueron mayores entre 0.05 – 0.10 % y 0.63 – 2 % respectivamente, esto podría deberse a que en las hojas recién caídas no hay pérdida de nutriente por que no hay un proceso de descomposición que actúa sobre la hojarasca, por lo tanto permanecen en el material (Cuadro 12).

### 5.3.3.- Cantidad de N, P y K en la biomasa de los residuos vegetales sobre el suelo

La descomposición de la hojarasca sobre la superficie del suelo es de particular importancia para los procesos de transformación de la materia orgánica y las relaciones tróficas del suelo, las que dependen de las condiciones del suelo, pH, humedad y temperatura (Bahuguna *et al*, 1990).

Los mayores contenidos de Nitrógeno en la biomasa se presenta en la hilera de los sistemas Leguminosa mas moderado químico (99.79 kg ha<sup>-1</sup>) y Leguminosa mas bajo orgánico (81.96 kg ha<sup>-1</sup>), mientras que se encontraron menores contenidos de este nutriente en la hilera de los sistemas Leguminosa mas moderado orgánico (60.18 kg ha<sup>-1</sup>) como en Pleno Sol (67.60 kg ha<sup>-1</sup>), siendo similares los contenidos de este elemento con los estudios realizados por Fassbender (1993) en Costa Rica, obteniendo un promedio anual de 60 kg ha<sup>-1</sup>. Este valor refleja la mayor actividad nutritiva del sistema bajo sombra de Poro y puede considerarse como un mejor aprovechamiento del Nitrógeno y de la fijación de éste por las leguminosas del sistema.

Cuadro 13. Cantidad de de N, P y K en kg ha<sup>-1</sup> en la biomasa del suelo como reserva potencial.

Sistema	Posición	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	78.58	2.22	18.98
	Hilera	81.96	2.42	2.18
	Promedio	80.27	2.32	19.58
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	63.49	1.03	29.83
	Hilera	60.18	0.97	18.16
	Promedio	61.83	1	23.99
Leguminosa + moderado químico	Calle	75.50	8.60	22.49
	Hilera	99.79	3.40	31.80
	Promedio	87.65	6	27.33
Pleno sol	Calle	55.06	2.19	19.57
	Hilera	67.60	2.25	25.01
	Promedio	61.33	2.22	22.29

Las cantidades de Fósforo acumuladas en la biomasa son pequeñas en comparación con otros elementos nutritivos como el Nitrógeno y el Potasio, sin embargo existen diferencias entre los sistemas estudiados. El sistema Leguminosa mas moderado químico presentó el contenido más alto (6 kg ha<sup>-1</sup>) de Fósforo con un valor que triplica al resto de los sistemas (Cuadro 13).

Las concentraciones de Potasio en los diferentes sistemas son similares, siendo superada únicamente por Leguminosa más moderado químico que es el que presenta la acumulación mayor (27.33 kg ha<sup>-1</sup>) de este elemento. Cabe señalar que los altos contenidos tanto de Nitrógeno, Fósforo y Potasio presentes en la biomasa podría atribuirse a que en estos sistemas hay aporte de fertilizantes químicos que en gran parte son utilizados también por los árboles de sombra. Las altas concentraciones de Nitrógeno en la biomasa se le puede atribuir a que en estos sistemas se utilizan especies leguminosas que fijan cantidades considerables de Nitrógeno como *Inga ssp*, *Gliricidia sepiun* y *Erithryna berteroana*.

En estudios realizados por Munguía (2003), en la zona sur de Costa Rica en las fincas cafetaleras encontró que la cantidad de Nitrógeno contenidos en el mantillo de un sistema agroforestal de *Coffea arabica* y especies maderable (*Eucalyptus delglupta*) varia entre 65.2-90.8 respectivamente, siendo similares a los encontrados en el presente trabajo. Las mayores concentraciones de Nitrógeno se encontraron en los sistemas leguminosa mas moderado

químico con 87.65 kg ha<sup>-1</sup> y bajo Orgánico con 80.27 kg ha<sup>-1</sup>, y en el resto de los sistemas se obtuvo menor cantidad (Cuadro 13).

#### 5.4.- Caracterización física de los suelos por nivel tecnológico

##### 5.4.1.- Textura de los suelos

Según Fitzpatrick (1986), la textura del suelo es la sensación que da al tacto el suelo húmedo, de la mezcla de las partículas minerales constituyentes y la materia orgánica. Tiene una relación más estrecha con el comportamiento del mismo en el campo y con las propiedades físicas de significación en la agricultura, ésta se determina frotando el suelo húmedo entre los dedos y el pulgar.

Guharay *at al* (2000), afirma que en la zona alta y húmeda del municipio de Jinotega y municipios como Quilali (Nueva Segovia) los suelos poseen textura franco arcilloso, mientras que otras zonas altas como Dipilto (Nueva Segovia) se encuentran texturas franco arenoso.

Los resultados en Jinotega muestran que existe una gran variabilidad en cuanto a textura en los suelos de diferentes sistemas agroforestales, encontrando texturas en el horizonte A que van de arcillo limoso (AL) a franco limoso (FL) tendiendo a cambiar a franco arcilloso a medida que profundiza el horizonte. A diferencia de los sistemas leguminosa mas moderado químico presenta una textura que varia a franco arenoso (Fa) cuadro 14.

Cuadro 14.- Clases texturales obtenidas en la caracterización física de los suelos cafetaleros

Cafetal	Horizonte	Leguminosa +moderado químico	Leguminosa + bajo orgánico	Leguminosa + moderado orgánico	Pleno sol + alto insumo
1	A	AL	FA	FAL	F
	B	FA	A	A	A
	C	Fa	A	A	A
2	A	Fa	FL	FL	FA
	B	A		A	A
	Bc	A	Roca*		A

A = Arcilla FA = Franco arcilloso AL = Arcillo limoso FAL = Franco arcillo limoso Fa = Franco arenoso F = Franco FL = Franco limoso

Mientras que en el horizonte B predominan las texturas arcillosas (A) en la mayoría de los sistemas, a diferencia del sistema leguminosa más moderado químico que presentó una textura franco arcilloso (FA), sin embargo el sistema leguminosa más bajo orgánico no se determinó textura debido a la presencia de roca superficial (Cuadro 14).

En el horizonte Bc de transición en la mayoría de los sistemas hay predominancia de texturas arcillosas (A) excepto en el sistema leguminosa más moderado químico que se determinó una textura franco arenosa (Fa). Cabe señalar que en el sistemas leguminosos más bajo orgánico hay presencia de roca a una menor profundidad, por lo que no hay determinación de textura de suelo (Cuadro 14).

#### **5.4.2.- Color de los suelo**

Según Boul (1989) el color es la característica más importante para diferenciar los horizontes y para la clasificación de los suelos, también así puede relacionarse con las propiedades químicas, físicas y biológicas del mismo. El color negro del suelo, indica presencia de materia orgánica, los colores rojos, indican presencia de óxidos de hierro comunes en suelos bien oxidados. Por remoción del Hierro las partículas minerales del suelo aparecen grises o de color gris azulado. Los colores amarillos representan formas altamente hidratadas de la Goethita (FeO-OH). Algunos colores presentes en el suelo provienen de los materiales iniciales que dan origen a los suelos recién formados.

En la mayoría de los sistemas agroforestales en el horizonte A las tonalidades de los colores del suelo van de negro a café muy oscuro, estos colores indican muy probablemente una acumulación de materia orgánica en la capa superficial del suelo (Cuadro 15).

El sistema leguminosa más bajo orgánico presentó tonalidades de café muy oscuro con tendencia a café rojizo oscuro, debido a los bajos contenidos de materia orgánica y a una mayor presencia de óxidos de hierro. Otro sistema que presentó cambios en la tonalidad fue leguminosa más moderado orgánico ya que van de café muy oscuro a grisáceo indicando una reducción de hierro en este último color (Cuadro 15).

Cuadro 15.- Colores (en húmedo) de los suelos cafetaleros obtenidos en la caracterización física.

Cafetal	Horizonte	Leguminosa + moderado químico	Leguminosa + bajo orgánico	Leguminosa + moderado orgánico	Pleno sol
1	A	Negro a café muy oscuro	Café muy oscuro a café rojizo oscuro	Café muy oscuro	Café oscuro
	B	Café amarillento a café oscuro	Café amarillento oscuro a café rojizo oscuro	Café rojizo oscuro	Café rojizo oscuro a café oscuro
	C	Café claro	Café rojizo oscuro	Café amarillento a café rojizo	Café rojizo oscuro
2	A	Café oscuro	Negro	Café muy oscuro grisáceo	Café oscuro
	B	Café rojizo oscuro		Café amarillento oscuro	Café oscuro
	C	Café oscuro	Roca	Café amarillento oscuro	Café rojizo oscuro

En el horizonte B la predominancia de colores va de café amarillento oscuro a café rojizo oscuro en los diferentes sistemas siendo el sistema a pleno sol el que conserva las tonalidades del horizonte A, sin embargo el leguminosa mas bajo orgánico carece de horizonte B (Cuadro 15). En el horizonte Bc hay una variabilidad de colores que van de café con tendencia a rojizo y amarillento a medida que profundiza el horizonte, esto podría deberse a que son colores del material inicial (Cuadro 15).

#### 5.4.3.- Profundidad de horizontes

El horizonte de un suelo es una capa paralela a la superficie, con características impartidas por los procesos de formación del suelo (Soil Survey Staff, 1962). Los horizontes se diferencian entre si por características que son por lo general, apreciables a simple vista, como color, cantidad de materia orgánica, presencia de elementos gruesos, granulometría o contenido en arcilla (Fernández 2002).

Según Guharay *et al* (2000) y Marin (1999), en los suelos cafetaleros de las zonas altas y húmedas, que presentan pendientes pronunciadas del 20%, presentan con profundidades que varían desde muy superficiales < 25 cm hasta > 100 cm, presentando un buen drenaje.

Cuadro 16.- Profundidad en cm de horizontes obtenidas en la caracterización de los suelos cafetaleros.

Cafetal	Horizonte	Leguminosa + moderad químico	Leguminosa + bajo orgánico	Leguminosa + moderado orgánico	Pleno sol
1	A	0-20	0-32	0-28	0-29
	B	20-49	32-76	28-74	29-83
	C	>49	>76	>74	>83
2	A	0-22	0-23	0-19	0-26
	B	22-63		19-52	26-48
	C	>63	>23	>52	>48

En los sistemas agroforestales estudiados se encontró que el perfil del horizonte A se encuentra entre 20-32 cm de profundidad dicho horizonte representa según Fernández (2002) la capa arable contiene una gran cantidad de minerales en la que la materia orgánica está en forma de humus, pero el proceso dominante es el lavado o arrastre de sustancias minerales hacia los horizontes más profundos (Cuadro 16).

El perfil del horizonte B, su espesor entre los sistemas agroforestales es variable, ya que se encuentra en un rango de los 20 cm hasta los 83 cm, encontrándose que los cafetales con uso de insumo químico mostró un menor espesor. Este horizonte contiene muy probablemente grandes cantidades de sustancias lixiviadas del horizonte anterior, con presencia de una mayor cantidad de arcilla, hierro, aluminio o humus solos o en combinaciones (Buol *et al* 1989).

Para el horizonte Bc mostraron profundidades diferentes en los cuatro sistemas estudiados encontrando que el sistema pleno sol es el que presenta el horizonte más profundo, en cambio el sistema leguminosa mas bajo orgánico presenta formaciones rocosas a partir de los 23 cm de profundidad (Cuadro 16).

#### 5.4 4 Presencia de graba en diferentes profundidades del suelo

Según Buol *et al* (1989), generalmente la presencia de graba dentro de los horizontes está estrechamente relacionado con el tipo de textura predominante, es decir que estos parecen como materiales más gruesos (7.6-25 mm de diámetro) a medida que cambian las clases texturales y profundiza el perfil del suelo. Los suelos que tienen fragmentos redondos o angulares, pero no aplastados con diámetros mayores de 8 cm se consideran materiales

grabosos (MAC 1965). Según este mismo autor la presencia de partículas gruesas de mayor tamaño que las de la arena muy gruesa (2 mm) y menores de 25 mm modifican las clases texturales como franco areno gravoso; o guijarroso.

Se puede observar que en los suelos de los diferentes sistemas agroforestales estudiados existe una gran variabilidad en cuanto a la profundidad, ya que éstos varían de superficiales a muy profundos puesto que se encontró que el 16.6 % de los puntos muestreados hubo presencia de roca a la profundidad de 51-60 cm. encontrando bajo porcentaje de grabas fina a menor profundidad, pero a medida que profundiza el perfil la presencia de grabas aumenta considerablemente (Cuadro 17).

Cuadro 17.- Presencia de grabas y rocas en diferentes profundidades de los suelos cafetaleros

Profundidad(cm.)	Barrenadas	Presencia de grabas		Presencia de roca	
		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
0-10	24	1	4.16	0	0
11-20	24	2	8.33	1	4.16
21-30	23	0	0	2	8.33
31-40	21	1	4.76	1	4.16
41-50	21	4	19.04	2	8.33
51-60	19	3	15.78	4	16.6
61-70	18	2	11.11	3	12.5
71-80	18	1	5.5	2	8.33
81-90	15	2	13.33	0	0
91-100	13	1	7.69	1	4.16
100-113	11	5	45.45	2	8.33

Comparando los resultados obtenidos en esta caracterización física de suelo en sistemas agroforestales con café y resultados obtenidos por Martínez (1997) en un estudio de caracterización de suelo realizado en el departamento de Jinotega, existe una similitud con respecto a la presencia de graba fina a las mismas profundidades encontradas en nuestro estudio.

### 5.5.- Caracterización química de los suelos cafetaleros.

La consideración de las propiedades del suelo constituye uno de los principales objetivos de su química. Estas propiedades resultan del proceso de formación y evolución del suelo y su

conocimiento permite elaborar criterios valiosos para su clasificación y especialmente para las interpretaciones suelo-planta (Fassbender y Bornemisa 1987).

### 5.5.1.- Acidez del suelo (pH en agua y KCl).

La reacción del suelo o pH define la acidez y basicidad relativa de una sustancia, éste mide la actividad de los iones hidrógenos (H). Cada molécula de agua al disociarse produce igual número de iones hidrógenos (H<sup>+</sup>) y de iones oxidrilos (OH<sup>-</sup>), en este caso la solución es neutra, si el número de iones hidrógenos (H<sup>+</sup>) es mayor que el de iones oxidrilos (OH<sup>-</sup>) la solución es ácida y viceversa si el número de iones hidrógenos (H<sup>+</sup>) es menor que el de iones oxidrilos (OH<sup>-</sup>) la solución es alcalina (Fassbender 1984).

Cuadro 18.- Valores de pH en los suelos cafetaleros determinados en Agua y KCl

Sistema	Posición	Profundidad de horizontes en cm.					
		0 - 5		5 - 15		15 - 30	
		pH agua	pH KCL	pH agua	pH KCL	pH agua	pH KCL
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	5.78	5.08	5.88	5.11	5.96	5.06
	Hilera	5.70	4.97	5.88	4.99	5.91	5.08
	Promedio	5.74	5.02	5.88	5.05	5.93	5.07
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	5.71	4.90	5.84	4.83	5.92	4.74
	Hilera	5.80	4.92	5.86	4.81	5.92	4.69
	Promedio	5.75	4.91	5.85	4.82	5.92	4.72
Leguminosa + moderado químico	Calle	5.32	4.48	5.34	4.45	5.50	4.51
	Hilera	4.56	3.83	4.83	3.97	4.9	4.04
	Promedio	4.94	4.15	5.08	4.21	5.2	4.27
Pleno sol + moderado químico	Calle	5.29	4.59	5.39	4.65	5.52	4.81
	Hilera	5.60	4.89	5.52	4.72	5.53	4.71
	Promedio	5.44	4.74	5.45	4.68	5.52	4.76

Según Troung (1951) y Scheffer y Schachschabel (1969) presentan la descripción de los pH en agua y en KCl estableciendo diferentes calidades de suelo, tal como se describe en el Cuadro 19.

En base a esta clasificación realizada por (Troung 1951), los sistemas leguminosa mas bajo orgánico, leguminosa moderado orgánico presentan una acidez media, entre tanto los sistemas leguminosa más moderado químico y pleno sol muestran a tener una acidez fuerte lo cual es

lógico si se toma en cuenta que en estos sistemas se aplican grandes cantidades de fertilizantes químicos que una vez aplicados tienden a aumentar la acidez del suelo (Cuadro 18).

Cuadro 19.- Clasificación de la acidez de los suelos determinados en agua y en KCl.

pH en KCl	Calidad de suelo	pH en agua	Calidad de suelo
<4,0	Extremadamente ácido	<5	Muy ácido
4,0-4,9	Fuertemente ácido	5,5-6,0	Acidez media
5,0-5,9	Medianamente ácido	6,0-6,5	Acidez débil
6,0-6,9	Ligeramente ácido	6,5-7,0	Acidez muy débil
7,0	Neutro	7,0	Neutro
7,0-8,0	Ligeramente alcalino	7,0-7,5	Alcalinidad muy débil
8,1-9,0	Medianamente alcalino	7,5 - 8,0	Alcalinidad débil
9,1-10,0	Fuertemente alcalino	8,0-8,5	Alcalinidad media
>10	Extremadamente alcalino	>8.5	Muy alcalino

Tomado de Fassbender 1984.

Según la clasificación realizada por (Scheffer y Schachtschabel 1969), se puede decir que el sistema leguminosa más bajo orgánico los rangos de pH son similares a los obtenidos por los autores antes mencionados, presentando una solución medianamente ácida a diferencia de éste los sistemas el leguminosa más moderado orgánico, moderado químico y a pleno sol los rangos de pH son similares presentando una fuerte acidez (Cuadro 18).

También se puede reafirmar con las investigaciones de (González 1989) que las áreas tropicales húmedas de Nicaragua se encuentran sometidas a temperaturas altas, a un exceso de lluvia y meteorización, resultando una acidificación creciente con rango de pH entre 4.0-6.0, estos suelos se encuentran en la Costa Atlántica y se menciona también que hay menores extensiones en los departamentos de Matagalpa y Jinotega.

### 5.5.2.- Contenido de materia orgánica en los suelos cafetaleros

La materia orgánica es uno de los principales componentes del suelo, constituye aproximadamente el 5 % del volumen total (Alexander 1980). La materia orgánica del suelo es una mezcla heterogénea de las diferentes fases de transformación de los materiales orgánicos incorporados al mismo, que varía con el tipo de suelo y con la profundidad (Turenne 1988).

En la producción y descomposición de la materia orgánica y en el reciclaje de nutrientes, las plantas juegan un papel importante ya que absorben los nutrientes del suelo y al completar su ciclo retornan al suelo donde el material orgánico es descompuesto por los macro y micro organismos, liberando los nutrientes de los estructuras orgánicas y poniéndolos nuevamente a disposición de las plantas (INTA – FAO 2000).

Fassbender (1969) indica que en el horizonte A de los suelos explotados agrícolamente presentan generalmente valores más altos de materia orgánica entre 0.1–10 % y también señala que el contenido decrece a medida que profundiza el perfil del suelo.

El contenido de materia orgánica en los suelos de los diferentes sistemas agroforestales es muy variable el sistema leguminosa mas bajo orgánico presenta los promedios más altos de materia orgánica en la calle de la profundidad 0-5 cm; si embargo se encontró que para las profundidades 5 - 15 y 15 - 30 cm los contenidos son mayores en la hilera encontrando que este sistema proporcione la mayor cantidad de biomasa en la hilera a lo que podría atribuírsele su alto contenido de materia orgánica (Cuadro 20).

Cuadro 20.- Contenido de materia orgánica (%) obtenidos en los suelos cafetaleros

Sistema	Posición	Profundidad del suelo en cm.		
		(0-5)	(5-15)	(15-230)
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	13.4	6.63	8.59
	Hilera	10.96	9.30	9.48
	Promedio	12.18	7.96	9.03
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	11.36	6.38	6.33
	Hilera	10.23	7.76	5.84
	Promedio	10.79	7.07	6.09
Leguminosa + moderado químico	Calle	6.92	6.99	6.58
	Hilera	8.45	6.26	5.33
	Promedio	7.68	6.62	5.95
Pleno sol + moderado químico	Calle	9.86	7.51	7.48
	Hilera	10.05	9.04	8.25
	Promedio	9.95	8.27	7.86

Para el sistema leguminosa mas moderado orgánico el mayor contenido de materia orgánica se encontró en la calle a la profundidad 0 – 5 cm, no obstante se encontró que para la profundidad 5 – 15 el contenido mayor se encontró en la hilera y en la profundidad 15 – 30 cm

la calle reporto el contenido mayor de materia orgánica, pudiendo estar asociado a la acumulación de biomasa en la calle.

En el sistema leguminoso mas moderado químico se encontró el mayor contenido de materia orgánica en la hilera en la profundidad 0 – 5 cm podía deberse a la defoliación de las hojas de café durante la cosecha que coincidió con el período de realización del trabajo de campo, mientras que para la profundidad 5 - 15 cm y 15 – 30 cm el contenido de materia orgánica fue mayor en la calle pudiendo estar influenciada por la mayor acumulación de biomasa depositada en la calle (Cuadro 20).

Mientras que para el Sistema Pleno Sol se encontró que los contenidos de materia orgánica son mayores en la hilera para las tres profundidades, esto pudiera deberse a que en la hilera de este sistema se da la mayor acumulación de biomasa en el presente trabajo se pudo observar que los contenidos de materia orgánica disminuyen a medida que profundiza el perfil. Coinciden con lo expresado por Fassbender (1969).

Cabe señalar que el sistema leguminosa mas bajo orgánico es el que presento el mayor contenido de materia orgánica (12.18 % y 9.03 %) en las profundidades de 0 – 5 cm, y de 15 – 30 cm respectivamente, el sistema a pleno sol presento el mayor contenido (8.2 %) en la profundidad de 5 – 15 cm.

### **5.5.3.-Contenido de carbono total en los suelos cafetaleros**

El carbono proviene del anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) presente en el aire, así como de la materia orgánica conteniendo aproximadamente 58.5 % (Fassbender y Bornemisa, 1987). Los valores del carbono total incluyen los restos vegetales y animales recién depositados en el suelo, la fracción húmica en su proceso de mineralización y humificación, formas inertes de carbono elemental, tales como carbón, grafito que algunas veces se presentan en el suelo en grandes cantidades (Fassbender 1984).

En los agro ecosistemas de café provisto de sombra de leguminosas o especies maderables se produce una considerable cantidad de biomasa con una cantidad de carbono fijado, así como también en la hojarasca y en la materia orgánica del suelo. Estos sistemas pueden mantener una gran reserva de carbono (Fournier 1995).

El porcentaje de carbono en los suelos de los diferentes sistemas agroforestales con café, es variable en la profundidad 0 – 5 cm, (Cuadro 21). Siendo el sistema leguminosa más bajo orgánico donde hay un mayor porcentaje de este elemento en la calle esto podría deberse a los aportes de biomasa encontrados en el suelo que en este sistema es de 3944 kg ha<sup>-1</sup> y que influye sobre los contenido de carbono en el suelo.

Cuadro 21. Contenido de carbono total (%) obtenidos en los suelos cafetaleros

Sistema	Posición	Profundidad en cm.		
		(0-5)	(5-15)	(15-30)
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	7.77	5.07	4.98
	Hilera	6.35	5.39	5.49
	Promedio	7.06	5.23	5.23
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	6.58	4.6	3.67
	Hilera	5.93	4.5	3.38
	Promedio	6.25	4.5	3.52
Leguminosa + moderado químico	Calle	4.01	4.05	3.81
	Hilera	4.9	3.63	3.09
	Promedio	4.45	3.84	3.45
Pleno sol + moderado químico	Calle	5.72	4.45	4.34
	Hilera	5.88	5.26	4.79
	Promedio	5.8	4.85	4.56

La concentración de carbono disminuye en la profundidad 5 – 15 cm y aún más en 15 – 30 cm. El mayor porcentaje de carbono se encuentra en el sistema leguminoso más bajo orgánico y en el sistema leguminoso más moderado orgánico y a pleno sol el porcentaje de carbono es menor que en el anterior, donde se encuentra el menor porcentaje es en la leguminosa más moderado químico.

Los valores encontrados en este estudio muestran ser inferiores a los encontrados por Moreno (2004) (comunicación personal) en las fincas cafetaleras del pacifico ya que obtuvieron contenidos de carbono en el suelo comprendido entre 9-13 %<sup>a</sup> en la profundidad de 0 – 5 cm, estos altas contenidos de carbono en estas fincas están relacionados con la gran cantidad de materia orgánica presente en estos sistemas .Siendo superados en los profundidades 5 – 15 cm y 15 – 30 cm.

#### **5.5.4.- Contenido de nitrógeno disponible en los suelos cafetaleros**

El nitrógeno se encuentra en el suelo bajo diversos estados químicos, desde N elemental ( $N_2$ ) pasando por N orgánico (proteínas, aminoácidos), N inorgánico como óxido nítrico (NO), nitritos ( $NO_2$ ), nitratos ( $NO_3^-$ ) y el amonio ( $NH_4^+$ ) (Ruiz y Tórrres 1979). El contenido de N del suelo depende de factores externos como clima, vegetación y el manejo del suelo y de factores internos como la microbiología del suelo, su reacción, el contenido de humedad y la relación C/N del material vegetal incorporada al suelo. Todas aquellas medidas que impliquen la pérdida de materia orgánica y/o degradación de los suelos implican pérdida de N en el suelo. El N del suelo por medio de la nitrificación es transformado para ser asimilados por las plantas mediante las formas inorgánicas ( $NO_3^-$ - $NH_4^+$ ) y eventualmente hay pérdidas por volatilización, percolación y lixiviación (Salmerón y García 1994).

Según estos autores el contenido de N- total de los suelos es muy variable con valores promedios de 0.12- 0.18 % la mayor parte de éste se encuentra en forma orgánica.

En el Cuadro 23, podemos observar que el contenido de N del suelo de los diferentes sistemas muestra ser diferentes entre ellos. El sistema leguminosa mas bajo orgánico presentó el porcentaje más alto (0.24 %) de N en la profundidad 0 – 5 cm , esto podría atribuirse a que en esta profundidad hay mayor cantidad de biomasa ( $3944 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y más actividad microbiana, seguido de este sistema el leguminosa mas moderado orgánico que presenta también un alto contenido de biomasa cabe señalar que el sistema a pleno sol presenta contenidos menores ( $2710.5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de biomasa ya los aportes de este elemento por la biomasa son bajos, Y el que menor porcentaje de N presentó es el sistema leguminosa mas moderado químico debido a que se adiciona fertilizantes inorgánicos y no siempre son retenidos por el suelo ya que pueden ser lixiviados o volatilizados, y presenta un bajo contenido de biomasa (Cuadro 22).

En la profundidad 5 – 15 cm el contenido de N es similar entre los diferentes sistemas agroforestales, sin embargo el leguminoso más moderado químico presentó los bajos contenidos de este elemento en esta profundidad con respecto al anterior. Esto podría deberse a que una parte es volatilizado, lixiviado y percolado.

Cuadro 22. Contenido de Nitrógeno disponible (%) obtenidos a diferentes profundidades en los suelos cafetaleros.

Sistema	Posición	Profundidad de suelo en cm.		
		0 - 5	5 - 15	15 - 30
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	0.26	0.08	0.05
	Hilera	0.22	0.09	0.06
	Promedio	0.24	0.08	0.05
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	0.22	0.08	0.04
	Hilera	0.20	0.08	0.04
	Promedio	0.21	0.08	0.04
Leguminosa + moderado químico	Calle	0.14	0.07	0.05
	Hilera	0.17	0.06	0.04
	Promedio	0.15	0.06	0.05
Pleno sol + moderado químico	Calle	0.17	0.07	0.04
	Hilera	0.2	0.09	0.05
	Promedio	0.18	0.08	0.05

Los contenidos más bajos de N se encuentran en la profundidad 15 - 30, presentando similitud entre los sistemas leguminosa más bajo orgánico, moderado químico y a pleno sol; los contenidos más bajos de N se presentan en el sistema leguminosa más moderado orgánico, esto está en función de que a medida que aumenta la profundidad del suelo los contenidos de este elemento disminuyen.

#### 5.5.5.- Contenido de Fósforo disponible en los suelos cafetaleros

Entre los procesos que contribuyen con Fosfatos a la solución del suelo, están la intemperización química de los minerales primarios, la mineralización de la materia orgánica y la fertilización química. El P del suelo se encuentra en tres fracciones como fosfato solubilizado, fosfato labil, y fosfato no labil. El fosfato solubilizado es el que está directamente disponible para los cultivos, pues éstas absorben el fósforo principalmente como ión monofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y escasamente como ión difosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), el fosfato no labil comprende la mayor parte del fosfato total y no es aprovechable, está representado por los fosfatos contenidos en los minerales primarios, fosfatos ocluso y fosfatos cálcicos insolubles como el difosfato de calcio (Salmerón y García 1994)

En los presentes resultados el mayor contenido de P en la profundidad 0 – 5 cm se determinó en la hilera del sistema leguminosa más moderado químico (78.94 ppm) seguido de pleno sol que también reporto el contenido mas alto en la hilera (35.04 ppm), estos altos contenidos podrían atribuirse a que en estos sistemas de producción se realizan aplicaciones periódicas de fertilizantes químicos en la hilera (fórmulas completas de NPK). A diferencia de éstos se encontró menor contenido de este elemento en la hilera del sistema leguminoso más bajo orgánico (6.13 ppm) y con el mínimo contenido en la calle el leguminosa más moderado orgánico (2.39 ppm) Cuadro 23.

Cuadro 23.- Contenido de Fósforo (ppm) obtenidos a diferentes profundidades en los suelos cafetaleros.

Sistema	Posición	Profundidad del suelo en cm.		
		0 - 5	5 - 15	15 - 30
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	8.96	3.3	2.28
	Hilera	6.13	2.88	3.39
	Promedio	7.54	3.09	2.83
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	2.39	0.86	0.15
	Hilera	2.46	1.1	0.31
	Promedio	2.42	0.98	0.23
Leguminosa + moderado químico	Calle	44.43	29.03	7.41
	Hilera	78.94	23.04	19.54
	Promedio	61.64	26.03	13.47
Pleno sol + moderado químico	Calle	33.43	12.31	5.21
	Hilera	35.04	23.94	23.81
	Promedio	34.23	18.12	14.51

En la profundidad 5 – 15 cm en todos los sistemas muestra un menor contenido en la calle y el comportamiento es similar a la profundidad 0 – 5 cm. Mientras que en la profundidad 15 - 30 cm los contenidos de este elemento son menores, reportando un mayor contenido la hilera del el sistema pleno sol (23.81 ppm) seguido de leguminosa más moderado químico posterior a éstos se encuentra la leguminosa más bajo orgánico (Cuadro 23).

#### 5.5.6.- Capacidad de Intercambio Cationico en los suelos cafetaleros.

La CIC es la capacidad que tiene un suelo agrícola de retener y aportar los nutrientes de carga positiva llamados cationes (INTA-FAO 2002). La capacidad de un suelo depende de la

presencia de materiales de elevada superficie específica y en consecuencia de manifestar fenómenos ligados a reacciones de superficie básicamente las arcillas y la materia orgánica del suelo. Cada uno de estos materiales aporta una fracción total de la CIC presente en un suelo (Drake y Motto 1982). Estos autores indican que la materia orgánica del suelo presenta una mayor CIC con respecto a las arcillas.

Según González (1989), se encuentran en la Costa Atlántica y también en menores extensiones en los departamentos de Matagalpa y Jinotega suelos con CIC que va de media a alta en un rango de 5 - 40 meq /100gr de suelo.

En el presente estudio y como se puede observar en el Cuadro 24 dentro de los diferentes sistemas agroforestales con café el que presenta más alta CIC en la profundidad 0 – 5 cm es la leguminosa más moderado químico debido a que se le adiciona cantidades considerables de fertilizantes químicos, seguido de leguminosa moderado orgánico y leguminosa más bajo orgánico que contienen altas cantidades de materia orgánica ya que esta influye en la CIC de los suelos, y el que menor CIC presentó fue el sistema a pleno sol con bajos contenidos de materia orgánica. La alta CIC en la profundidad 0 – 5 cm del suelo, se debe a que hay una mayor concentración de materia orgánica a esta profundidad.

Cuadro 24. Capacidad de intercambio catiónico (meq / 100 g de suelo) en los suelos cafetaleros

Sistema	Posición	Profundidad del suelo en cm.		
		(0-5)	(5-15)	(15-30)
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	42.13	37.82	34.88
	Hilera	40.81	38.70	35.63
	Promedio	41.47	38.26	35.25
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	43.61	38.93	39.7
	Hilera	43.14	38.6	38.42
	Promedio	43.37	38.76	38.97
Leguminosa + moderado químico	Calle	45.64	41.29	35.59
	Hilera	44.02	37.81	35.86
	Promedio	44.83	39.55	35.72
Pleno sol + moderado químico	Calle	33.13	23.34	21.18
	Hilera	28.11	24.81	35.72
	Promedio	30.62	24.08	21.18

En la profundidad 5 – 15 cm la mayor CIC se presentó en el leguminosa más moderado químico, para los sistemas leguminosa más bajo orgánico y leguminosa más moderado orgánico la CIC entre ellos es similar, y el que menor CIC presentó es el sistema a pleno sol.

En la profundidad 15 – 30 cm, según (Labrador, 1996) la CIC depende en gran parte de la sustancias húmicas, ya que éstas tienen una alta capacidad de cambio y esto facilita la absorción e intercambio iónico del suelo es menor a medida que aumenta la profundidad del suelo, y disminuye el contenido de materia orgánica.

## VI.- Conclusiones

- Se identificaron tres sistemas agroforestales de café bajo sombra de la especie *Inga* sp, siendo esta la mas utilizada como sombra seguido de especies Musáceas y un cafetal a plena exposición solar en las comunidades de Jinotega.
- Entre las variedades de café mas cultivada en la zona de estudio fue Caturra debido a su adaptación a las condiciones agroecológicas, seguido de Catimor, Catuai y Borbón las cuales se cultivan en menor escala.
- Se encontraron mayores contenidos de materia orgánica (12.18 a la profundidad de 0 – 5 cm) en el sistema agroforestal con leguminosa + un nivel de insumo bajo orgánico, que al igual que produce las mayores cantidades de biomasa (3944 kg ha<sup>-1</sup>) depositada sobre el suelo producto de los residuos que caen de los diferentes componentes del sistema.
- Se encontraron los mayores cantidades de nutrientes en la biomasa de los residuos vegetales en el sistema agroforestal con leguminosa + moderado químico con 87.65, 6 y 27.33 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K respectivamente comparativamente con los otros sistemas en estudio.
- El sistema leguminoso mas moderado químico reporto los más altos rendimientos en relación a los otros sistemas en estudio debido principalmente a las altas aplicaciones de fertilizantes químicos y a la calidad de los suelos con respecto a la fertilidad de los mismos.
- En los suelos de los diferentes sistemas agroforestales predomina la textura franco arcilloso y presentan una coloración de café oscuro con tendencia a café claro, así mismo son profundos, excepto en un cafetal del sistema leguminosa mas bajo orgánico, mientras que la presencia de graba aumenta a medida que profundiza el perfil y la acidez va de media a fuerte.
- El contenido más alto de N-Total en el suelo lo presento el sistema leguminoso mas bajo orgánico, mientras que el sistema leguminoso mas moderado químico presenta el mayor contenido de P-Total y CIC; sin embargo se obtuvieron mayores concentraciones de Carbono total en el sistema leguminosa mas moderado orgánico.

## **VII.- Recomendaciones**

Impulsar programas de diversificación en los sistemas agroforestales con café y buscar alternativas que incentiven a los productores a mantener la sostenibilidad de estos.

Promover una agricultura orgánica amigable con el medio ambiente que permita amortiguar los bajos precios del café y que mejoren la calidad de vida de los productores.

Es importante evaluar todos los servicios ambientales que brindan los sistemas agroforestales con el fin de contribuir con alternativas de manejo sostenible del sistema.

Proporcionar información a los productores sobre los beneficios que aportan los sistemas agroforestales no solo con el fin de mejorar la producción sino también con el objetivo de obtener ingreso adicionales y mantener la fertilidad de los suelos ya que estos a través de la incorporación de biomasa aportan contenidos considerables de nutrientes.

Impulsar la introducción de especies maderables de gran valor comercial en sistemas de producción con café que permita una mayor diversificación y obtención de productos adicionales en el futuro como la madera.

Se recomienda que para futuras investigaciones en sistemas agroforestales se deba de incluir en los análisis de los componentes de la biomasa el aporte que hacen al sistema las malas hierbas, ya que también aportan elementos minerales al sistema.

### VIII.- Referencia bibliográficas

- Alexander, M. 1980. Introduction to soil microbiology. New Cork, Jhon Wiley & Sons. 491p.
- Alvarado, M. J. 1990. Caracterización y evaluación de diferencias en el manejo del cultivo de café. 52p.
- ANCAFE. (Asociación nacional del café). 1995. Hombres de café. Guatemala 166p.
- Bahuguna, V. K; Negi, J. D;Joshi, S.R; Naithani, K. C. 1990. Leaf litter decompositions and nutrient release in *Shorea robusta* and *Eucalyptus camandulensis* plantation. Indian Forester . 127(79). 814 – 820.
- Barradas, V, L; Fanjul, L. 1986.. Microclimate characterization of shade and open-grown coffe (*Cofea arabica* L.) plantations in Mexico.Agriculture and forest Meteorology, 38:101-120.
- Basavarajau, T.B; Gururaja, R, M.R. 2000. Tree –corp interactions in agriofiresty systems; a brief review. Indian Forester, 126 (11): 115-1164.
- Beer, J. 1995. Efectos de los árboles de sombra sobre la sostenibilidad de un cafetal. Boletín PROMECAFE. 68: 13-18.
- \_\_\_\_\_. 1997. Café bajo sombra en América central: ¿Hace falta más investigación sobre este sistema agroforestal exitoso? *Agroforesteria en las Américas*. CATIE. Costa Rica.5 (4) 4- 5.
- Buol, S. W; Hole, F. O; Mccracken, R.J. 1989. Génesis y clasificación de suelos. Segunda edición, Mexico1990.Publicado por the lowa state university press. 417p.
- Carvajal, J. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización. Berna, Suiza .Instituto de la potasa. 254p.
- Castillo, L. R; Ortis, M. P. 2003. Tipología y manejo de fincas cafetaleras en los municipios de Tuma La Dalia y Rancho Grande del departamento de Matagalpa, Tesis Ing. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 69p.
- Cuenca, G;Aranguren, J; Herrera, R. 1983. Root growth and litter decompositions in a coffee plantation Ander shade tree. Plant and Soil, 71: 477 – 486.

- Drake, E. H; Motto, H. L. 1982. An analysis of the effect of clay and organic matter content on the soil cation exchange capacity of new Jersey soil. *So*, 1, SC; 133-281-288.
- Enriques, G. A. (1984). *Eco fisiología del cultivo del café*. ANCAFE. Lima, Perú. 245p.
- Fassbender, H. W. 1993. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Segunda edición. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 491p.
- \_\_\_\_\_; Bornemisa. E. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América latina*. San José. Costa Rica. PENUD- CONARE. Defensoria de los habitantes
- \_\_\_\_\_. 1984. *Química de suelos con énfasis en suelos de América latina*. San José, Costa Rica. 398p
- \_\_\_\_\_. 1969. *Química de suelos, curso*. Instituto interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Centro de enseñanza e investigación. Turrialba, Costa Rica .266p.
- Fernández, D. C. 2002. Suelo. *Enciclopedia practica de la agricultura y la ganadería*. Océano/Centrum. Pág. 53 – 72.
- Fitzpatrick, E. A. 1986. *Suelo su clasificación y distribución*, tercera impresión 1987. Traducido por ing. Agrónomo Antonio Marino, Ph. D. Edición autorizada por lognman group Limited México DF. 385p
- Fournier, O. 1995. *Fijación de Carbono y diversidad biológica en el agro ecosistema cafetero*. San Salvador. Pág. 59-71
- Garriz, P. L. Vicuna, R.(1990). *Variación anuales en el crecimiento vegetativo y la arquitectura de canopea de Coffea arabica L, variedad caturra rojo* .San José. Costa Rica.30p.
- Gonzáles, C. F. 1989. *Suelos ácidos de Nicaragua*. Managua, Nicaragua. 13p
- Golberg, A.D; Kigel, J. 1986. Dynamics of the weed community in coffee plantations grown under shade trees effect of clearing. *Israel Journal of botany*, 35:121-131.
- Guharay, F; Monterrey, J; Monterroso, D; Staver, C.H.2000. *Manejo integrado de plagas en el cultivo de café*. CATIE. Managua, Nicaragua. 297p.

- IICA. 2003. Estudio de la cadena de comercialización del café. Managua, Nicaragua. EDITARTE. 169 p.
- INETER. 2003. Instituto nicaragüense de estudios territoriales. Managua, Nicaragua.
- INTA-FAO. 2000. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos en Nicaragua. 130 p
- Kogel – Knabner. I. 2002. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. *Soil biology and biochemistry*, 34:139-162.
- Labrador, M. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Mundi prensa Madrid. 174p.
- MAG (Ministerio de agricultura y ganadería). 1998. Información y apoyo al productor. Estudio de la cadena agroindustrial del café. DGIAP. Managua Nicaragua. Pág.: 1-40.
- MAC (Ministerio de agricultura y cría). 1965. Manual de levantamiento de suelo. Traducido del Soil survey manual U.S. Dept. Agricultura. Caracas Venezuela.
- Martinez, H. J; Herrera, J. 1997. Estudio de suelo y caracterización hidrológica superficial en la subcuenca del río de Jinotega, Departamento de Jinotega. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 124p.
- Marín, C. 1999. Nicaragua potencialidades y limitaciones de sus territorios. Managua, Nicaragua. 156 p.
- Mofongoya, P.L; Giller, K.E; Palm, C.A. 1998. Decomposition and nitrogen release patterns from primings and litter. *Agroforestry Systems*. 38: 77 – 97.
- Montagnini, F. *et al.* 1992. Sistemas agroforestales principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica. 622p.
- Moreno, C. N. 2000. Evaluación ex – ante en los sistemas café con sombra y barreras vivas en la sub. Cuenca del río Calico, San Dionisio, Matagalpa. Tesis de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 72p.
- Moreno, A. E; Navorio, C. A. 2004. Caracterización biofísica y de suelos de los sistemas agroforestales del café bajo sombra en la zona del pacífico. Documento en imprenta. Managua Nicaragua. 58p.

- Munguía, R. J. 2003. Tasa de descomposición de la hojarasca de *Eucalyptus deglupta*, *Coffea arabica* y de hojas verdes de *Erythrina poeppigiana* solas y en mezclas. CATIE. Costa Rica. 79 p.
- Palma, M. R. Pineda; C. R; Santos, C. (1991). Comparación de tres sistemas de poda en dos épocas de inicio en una plantación del cultivar catuai rojo bajo sombra de guajiniquil (*Inga* sp.) Promocafe, XIV Simposio sobre caficultura latinoamericana. Pág. 522-532.
- Palm, C. A; Sanchez, P. A. 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three legumes. *Biotropica* 22(4):330 – 338.
- PANIF (Programa ambiental Nicaragua Finlandia). 1998. Diagnóstico de la situación del café. Managua. Pág. 1-25
- Ruiz, B. A; Torres, O. E. 1979. Química de suelos, departamento de suelos. Chapingo Mexico, primera edicion. 76 p.
- Salmerón, M. F;García, C. L. 1994. Fertilidad y fertilización de suelos. Managua, Nicaragua . 141p.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schibli, C. 2001. Percepciones de familias productoras sobre el uso y manejo de sistemas agroforestales con café, en el norte de Nicaragua. *Agroforesteria en las Américas*. CATIE Costa Rica. 8(29) 8-14.
- Soil, S. S. 1962. Supplement to USDA . Handbook 18, soil survey manual U,S Dept. Agr. U,S Govt printing office. Washintong. pag. 88-173p
- Scheffer, F; Schachschabel. P. 1969. Lehrbuch der Boden kunden ferdinand enke verlang, stutiarte. 473p
- Troung, E. 1951. Mineral nutrition of plants. University of Wiscosin press 469 p.
- Turenne, J. F. 1988. Soil organic matter and soil fertility in tropical and soil . Soil and their management. A sino – european prespective. E. maltby and T. wollerser (E.d) London , Elsevier, Applied Science. Pag. 255-275.
- UNICAFE. 1999. Manual de caficultor de nicaragua. CENACOR. Managua. Nicaragua. 242 p.

UNICAFE. 1996. Diagnóstico de la zona cafetalera del pacífico central, Boaco. Managua. Nicaragua. 45 p.

Willey, R. W; Reddy, M.S. 1981. A Field technique for separating above and below interactions interactions in intercropping: an experiment with pearl millet/groundnut. *Experimental Agriculture*, 17: 257 - 264

Yamoah, C. F; Agboola, A. A; Mulongoy, K. 1986. Decomposition; nitrogen release and weed control by pruning of selected alley croing shrubs. *Agroforestry Systems*, 24:239 – 246.

## IX.- ANEXOS

Anexo 1.- Cantidad de N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en la biomasa de los residuos vegetales en calle e hilera del cafetal.

Sistema	Posición	Cantidad de N en $\text{kg ha}^{-1}$			
		Hoja fina	Hoja gruesa	Rama	Total
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	35.68(24.39)	30.63(6.89)	12.26(5.16)	78.58
	Hilera	34.99(22.18)	29.82(5.83)	17.15(7.94)	81.96
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	25.00(22.45)	29.35(18.93)	9.13(3.22)	63.49
	Hilera	21.95(24.67)	31.32(27.92)	6.91(2.95)	60.18
Leguminosa + moderado químico	Calle	38.00(27.62)	24.51(10.84)	12.98(7.43)	75.50
	Hilera	48.93(28.96)	37.21(16.31)	13.65(6.87)	99.79
Pleno sol + moderado químico	Calle	13.00(8.24)	23.85(12.61)	18.16(9.44)	55.06
	Hilera	14.39(13.22)	33.43(13.92)	19.77(9.85)	67.60

Std entre paréntesis

Anexo 2.- Cantidad de P ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en la biomasa de los residuos vegetales en calle e hilera del cafetal.

Sistema	Posición	Cantidad de N en $\text{kg ha}^{-1}$			
		Hoja fina	Hoja gruesa	Rama	Total
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	0.63 (1.13)	1.24 (1.49)	0.34(0.56)	2.22
	Hilera	0.92 (0.90)	0.60 (1.48)	0.89(0.88)	2.42
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	0.44 (0.49)	0.42(0.69)	0.16(0.26)	1.03
	Hilera	0.38 (0.43)	0.45(0.76)	0.13(0.23)	0.97
Leguminosa + moderado químico	Calle	1.13 (1.57)	1.10(1.03)	6.36(0.75)	8.60
	Hilera	1.4 (1.53)	1.64(0.64)	0.35(0.67)	3.40
Pleno sol + moderado químico	Calle	0.44 (0.59)	1.34(2.20)	0.39(0.97)	2.19
	Hilera	0.55 (0.80)	1.45(2.12)	0.25(0.62)	2.25

Anexo 3.- Cantidad de K ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en la biomasa de los residuos vegetales en calle e hilera del cafetal.

Sistema	Posición	Cantidad de N en $\text{kg ha}^{-1}$			
		Hoja fina	Hoja gruesa	Rama	Total
Leguminosa + bajo orgánico	Calle	4.67 (2.22)	10.92 (9.45)	3.38 (1.69)	18.98
	Hilera	4.52 (1.83)	11.03 (9.98)	4.62 (2.22)	20.18
Leguminosa + moderado orgánico	Calle	5.23 (5.68)	9.37 (5.86)	15.22 (2.90)	29.83
	Hilera	4.79 (6.10)	9.72 (8.18)	3.64 (1.83)	18.16
Leguminosa + moderado químico	Calle	8.82 (5.23)	9.32. (3.77)	4.29 (4.50)	22.49
	Hilera	12.44 (9.55)	15.03 (9.73)	4.32 (3.38)	31.80
Pleno sol + moderado químico	Calle	3.19 (2.13)	11.36 (5.77)	5.01 (6.19)	19.57
	Hilera	3.61 (3.29)	17.16 (9.55)	4.22 (3.34)	25.01

Anexo 4.- Valores de la acidez (pH H<sub>2</sub>O) de los suelos en calle e hilera a tres profundidades en los suelos cafetaleros.

Sistema	Cafetal	Posición	Profundidad del suelo en cm		
			(0 – 5)	(5 – 15)	(15 – 30)
Leguminosa + bajo orgánico	3	Calle	5.590	5.653	5.806
		Hilera	5.586	5.813	5.753
	8	Calle	5.966	6.110	6.120
		Hilera	5.823	5.963	6.076
Leguminosa + moderado orgánico	4	Calle	5.333	5.310	5.493
		Hilera	5.373	5.390	5.513
	6	Calle	6.096	6.376	6.403
		Hilera	6.236	6.343	6.330
Leguminosa + moderado químico	2	Calle	5.396	5.380	5.503
		Hilera	4.283	4.670	4.550
	5	Calle	5.250	5.300	5.506
		Hilera	4.846	5.000	5.250
Pleno sol	1	Calle	5.540	5.430	5.420
		Hilera	5.906	5.596	5.463
	7	Calle	5.046	5.360	5.626
		Hilera	5.296	5.450	5.600

Anexo 5.- Valores de la acidez (pH KCl) de los suelos en calle e hilera a tres profundidades en los suelos cafetaleros.

Sistema	Cafetal	Posición	Profundidad del suelo en cm		
			(0 – 5)	(5 – 15)	(15 – 30)
Leguminosa + bajo orgánico	3	Calle	5.043	5.050	5.056
		Hilera	5.073	5.040	5.043
	8	Calle	5.130	5.163	5.056
		Hilera	4.860	4.953	5.120
Leguminosa + moderado orgánico	4	Calle	4.666	4.550	4.550
		Hilera	4.666	4.546	4.490
	6	Calle	5.146	5.116	4.933
		Hilera	5.190	5.086	4.886
Leguminosa + moderado químico	2	Calle	4.706	4.706	4.626
		Hilera	3.656	3.850	3.853
	5	Calle	4.260	4.190	4.390
		Hilera	4.016	4.090	4.236
Pleno sol	1	Calle	4.966	4.750	4.796
		Hilera	5.270	4.820	4.710
	7	Calle	4.233	4.556	4.826
		Hilera	4.510	4.633	4.706

Anexo 6.- Contenido de Materia Orgánica (%) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.

Sistema	Cafetal	Posición	Profundidad del suelo en cm		
			(0 – 5)	(5 – 15)	(15 – 30)
Leguminosa + bajo orgánico	3	Calle	12.673	7.440	7.810
		Hilera	10.096	7.840	7.580
	8	Calle	14.123	10.046	9.376
		Hilera	11.833	10.770	11.383
Leguminosa + moderado orgánico	4	Calle	10.396	7.390	5.363
		Hilera	10.833	8.156	5.306
	6	Calle	12.320	8.473	7.286
		Hilera	9.633	7.373	6.363
Leguminosa + moderado químico	2	Calle	5.140	9.176	8.073
		Hilera	8.856	6.880	6.230
	5	Calle	8.703	4.816	5.090
		Hilera	8.043	5.640	4.433
Pleno sol	1	Calle	8.096	7.540	6.886
		Hilera	9.653	7.976	7.536
	7	Calle	10.826	7.480	8.076
		Hilera	10.436	10.160	8.966

Anexo 7.- Contenido de carbono total (%) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros

Sistema	Cafetal	Posición	Profundidad del suelo en cm		
			(0 – 5)	(5 – 15)	(15 – 30)
Leguminosa + bajo orgánico	3	Calle	7.35	4.31	4.53
		Hilera	5.85	4.54	4.39
	8	Calle	8.19	5.82	5.44
		Hilera	6.86	6.25	6.60
Leguminosa + moderado orgánico	4	Calle	6.03	4.28	3.11
		Hilera	6.28	4.72	3.08
	6	Calle	7.14	4.91	4.22
		Hilera	5.58	4.27	3.69
Leguminosa + moderado químico	2	Calle	2.98	5.32	4.68
		Hilera	5.13	3.99	3.61
	5	Calle	5.05	2.79	2.95
		Hilera	4.66	3.26	2.57
Pleno sol	1	Calle	5.16	4.37	3.99
		Hilera	5.60	4.62	4.37
	7	Calle	6.28	4.34	4.68
		Hilera	6.05	5.89	5.21

Anexo 8.- Contenido de nitrógeno disponible (%) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades en suelos cafetaleros.

Sistema	Cafetal	Posición	Profundidad del suelo en cm		
			(0 – 5)	(5 – 15)	(15 – 30)
Leguminosa + bajo orgánico	3	Calle	0.253	0.073	0.050
		Hilera	0.203	0.076	0.050
	8	Calle	0.280	0.100	0.063
		Hilera	0.236	0.110	0.076
Leguminosa + moderado orgánico	4	Calle	0.206	0.073	0.033
		Hilera	0.216	0.083	0.036
	6	Calle	0.246	0.083	0.046
		Hilera	0.190	0.073	0.040
Leguminosa + moderado químico	2	Calle	0.100	0.090	0.053
		Hilera	0.176	0.070	0.043
	5	Calle	0.173	0.046	0.033
		Hilera	0.160	0.056	0.026
Pleno sol	1	Calle	0.176	0.076	0.046
		Hilera	0.193	0.080	0.050
	7	Calle	0.216	0.073	0.053
		Hilera	0.210	0.103	0.056

Anexo 9.- Contenido de fosforo disponible (ppm / 100 g de suelo) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.

Sistema	Cafetal	Posición	Profundidad del suelo en cm		
			(0 – 5)	(5 – 15)	(15 – 30)
Leguminosa + bajo orgánico	3	Calle	3.233	1.00	0.73
		Hilera	3.033	1.400	0.56
	8	Calle	14.700	5.600	4.56
		Hilera	9.233	4.366	6.06
Leguminosa + moderado orgánico	4	Calle	1.633	0.466	0
		Hilera	0	0	0
	6	Calle	3.166	1.26	0.30
		Hilera	4.933	2.20	0.63
Leguminosa + moderado químico	2	Calle	21.566	13.80	3.90
		Hilera	99.166	20.73	23.96
	5	Calle	67.133	44.26	10.93
		Hilera	58.733	25.36	15.13
Pleno sol	1	Calle	8.113	1.63	0.46
		Hilera	31.233	19.63	8.20
	7	Calle	58.733	23.00	9.96
		Hilera	38.886	28.26	39.43

Anexo 10.- Capacidad de intercambio catiónico (meq / 100 g de suelo) obtenidos en calle e hilera a tres profundidades de los suelos cafetaleros.

Sistema	Cafetal	Posición	Profundidad del suelo en cm		
			(0 – 5)	(5 – 15)	(15 – 30)
Leguminosa + bajo orgánico	3	Calle	43.82	38.22	35.60
		Hilera	45.71	41.38	35.17
	8	Calle	40.43	37.43	34.16
		Hilera	35.92	36.03	36.10
Leguminosa + moderado orgánico	4	Calle	42.53	38.63	38.70
		Hilera	42.83	38.70	36.90
	6	Calle	44.70	39.23	40.70
		Hilera	43.46	38.50	39.59
Leguminosa + moderado químico	2	Calle	58.12	55.96	47.02
		Hilera	56.54	48.27	45.89
	5	Calle	33.16	26.63	24.16
		Hilera	31.50	27.36	25.83
Pleno sol	1	Calle	31.36	22.96	23.74
		Hilera	27.87	23.39	22.61
	7	Calle	34.90	23.73	25.0618.62
		Hilera	28.36	26.23	25.06

Cuadro 12 - Concentración de N, P y K en los componentes hoja fina, hoja gruesa y rama.

Sistema	Componente	Concentración mineral en %			
		Biomasa total	N	P	K
Leguminosa + bajo orgánico	Hoja fina	3845.0	2.35	0.03	0.33
	Hoja gruesa	4043.0	1.95	0.07	0.67
	Rama	3944.0	1.53	0.05	0.40
Leguminosa + moderado orgánico	Hoja fina	3664.0	1.78	0.02	0.33
	Hoja gruesa	3169.0	2.24	0.05	0.63
	Rama	3416.5	1.06	0.02	0.56
Leguminosa + moderado químico	Hoja fina	3602.0	2.36	0.05	0.60
	Hoja gruesa	4108.0	2.07	0.10	0.79
	Rama	3855.0	1.63	0.03	0.49
Pleno sol	Hoja fina	2456.0	2.58	0.07	0.61
	Hoja gruesa	2947.0	2.22	0.09	1.12
	Rama	2701.5	2.12	0.02	0.48