



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS DE MANEJO AGRONÓMICO  
SOBRE EL CRECIMIENTO, ESTRUCTURA PRODUCTIVA,  
ACUMULACION DE BIOMASA, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL  
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) VR. COSTA RICA 95**

**AUTORES**

**Br. Enrique José Pereira Chavarría  
Br. Carlos Daniel Parrales Rodríguez**

**ASESOR**

**PhD. Victor Aguilar Bustamante**

**MANAGUA, NICARAGUA  
2006**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**EVALUACIÓN DE TRES SISTEMAS DE MANEJO AGRONÓMICO  
SOBRE EL CRECIMIENTO, ESTRUCTURA PRODUCTIVA,  
ACUMULACION DE BIOMASA, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL  
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) VR. COSTA RICA 95**

**AUTORES**

**Br. Enrique José Pereira Chavarría  
Br. Carlos Daniel Parrales Rodríguez**

**Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como  
requisito parcial para optar al Título de Ingeniero Agrónomo**

**MANAGUA, NICARAGUA  
2006**

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi madre Isabel Rodríguez quien ha sido la persona que con mucho sacrificio me apoyó en mi formación profesional y por lo cual yo le estaré eternamente agradecido.

A mi padre Carlos PARRALES y mis Hermanos Eliel, Julio, Jael, Abimael y Abner Adriel.

A mis sobrinos Qatzeel y Eliézer.

A la memoria de mi abuela materna Magdalena Reyes quien siempre deseó verme como un profesional.

A mi abuelo Julio César PARRALES por haber sido un gran agricultor y ser mi mayor inspiración.

A mi tía Izlia Ismari PARRALES así como a su esposo y buen amigo David Shepard y mis primos Rafa y Jireh.

A mis amigos y colegas Carla Gómez, Seydi Mairena, Noelia Medina, Walkiria Gutiérrez, Éricka Úbeda, Anita García, Boanerges Espinoza, Walter González, Roberto Martínez, Juan Sandoval, Alan López, Bismarck Mendoza, Marcos García, Marcos Dávila, Humberto Espinoza.

¡Con respeto y cariño, este trabajo es para ustedes!

Carlos Daniel PARRALES Rodríguez

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas que han estado a mi lado durante los momentos importantes de mi vida y han compartido tanto mis logros como mis desaciertos. Gracias por enseñarme que el éxito se alcanza en base al trabajo, la honestidad, el entusiasmo, la humildad y la paciencia.

A mi madre, la mejor del mundo: María Rafaela Chavarría

A mis hermanos: Hassell Ninoska, Edward Ariel y Lenin Alejandro

A mi tío: Daniel Olivas

A todos mis amigos y colegas, pero especialmente a:  
Marcos, Alan, Humberto, Boanerges, Walter, Andrés,  
Bismarck, Éricka, Noelia, Seydi y Walkiria.

¡A todos ellos, con respeto y mucho cariño!

Enrique José Pereira Chavarría

## **AGRADECIMIENTO**

A Jehová Dios, por habernos dado la vida y la oportunidad de cumplir el más importante de nuestros sueños.

A nuestros padres, por compartir nuestros sueños y ayudarnos de manera incondicional.

A nuestro asesor, PhD. Víctor Aguilar Bustamante, por su apoyo incondicional durante el proceso de esta investigación y por habernos aportado algo de su experiencia.

Al proyecto Sistemas Agroforestales de Café en Centro América (CASCA/UNA) financiado por la Unión Europea (INCO-DEV: ICA-CT-2001-10071) por su apoyo para la realización de este estudio.

A Inversiones Generales S. A. por haber permitido establecer el ensayo experimental en su propiedad.

A la Licenciada Idalia Casco M., por el apoyo incondicional que nos brindó durante más de cinco años.

A todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron en nuestra formación académica con sus consejos, sus ideas y su experiencia.

¡Muchas Gracias!

Carlos Daniel Parrales Rodríguez

Enrique José Pereira Chavarría

## INDICE GENERAL

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
DEDICATORIA 1	i
DEDICATORIA 2	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.2. Objetivo general	3
1.3. Objetivos específicos	3
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>4</b>
2.1. Localización y descripción del área de estudio	4
2.2. Descripción de de la metodología	5
2.2.1. Variables de crecimiento tomadas en los meses de agosto y diciembre de 2002; junio, septiembre y diciembre de 2003 y junio, septiembre y diciembre de 2004.	7
2.2.2. Variables de estructura productiva tomadas en 8 plantas de café en los meses de agosto y diciembre de 2002, junio, septiembre y diciembre de 2003 y junio, agosto y diciembre de 2004.	8
2.2.3. Distribución de la biomasa en los componentes de la planta de café	8
2.2.4. Extracción de Nitrógeno total en los componentes de la planta de café.	9
2.2.5 Rendimiento de las parcelas	10
2.2.6. Determinación de las características físicas y organolépticas del grano de café.	10
2.3. Manejo agronómico	11
2.4. Descripción de la variedad Costa Rica 95	13
2.5 Poda del Madero Negro	16

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	18
3.1. Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento vegetativo del cafeto	18
3.1.1. Altura de la planta (cm)	18
3.1.2. Diámetro del tallo (mm)	19
3.1.3. Proyección de copa (m <sup>2</sup> )	21
3.1.4. Nudos totales en el tallo	22
3.2. Efecto de los sistemas de manejo sobre la estructura productiva de las plantas de café	24
3.2.1. Ramas primarias totales	24
3.2.2. Ramas secundarias totales	25
3.2.3. Ramas terciarias totales	27
3.2.4. Ramas primarias agotadas	29
3.2.5. Ramas primarias productivas	30
3.2.6. Ramas secundarias productivas	31
3.2.7. Ramas terciarias productivas	32
3.3. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (g pta <sup>-1</sup> ) en las plantas de café	33
3.3.1. Acumulación de biomasa en el sistema radicular	34
3.3.2. Acumulación de biomasa en el tallo de las plantas de café	35
3.3.3. Acumulación de biomasa en las ramas de la planta de café	36
3.3.4. Acumulación de biomasa en las hojas de la planta de café	36
3.3.5. Acumulación de biomasa en los frutos de la planta de café	37
3.3.6. Acumulación de biomasa total	37
3.4. Efecto de los sistemas de manejo sobre la acumulación (kg ha <sup>-1</sup> ) y comportamiento del nitrógeno en plantas de cafeto	40
3.5. Efecto de los sistemas de manejo sobre el rendimiento (kg de café oro ha <sup>-1</sup> )	44
3.6. Influencia del sol, sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas y organolépticas del grano de café	47
3.6.1. Características físicas	48

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
3.6.2. Características organolépticas	51
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	56
<b>V. RECOMENDACIONES</b>	58
<b>VI. REFERENCIAS</b>	59
<b>VII. ANEXOS</b>	64



## INDICE DE TABLAS

<b>Nº</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1.	Características físicas de los suelos de la finca San Francisco, Carazo, 2002.	5
2.	Características químicas de los suelos de la finca San Francisco, Carazo, 2002.	5
3.	Meses de aplicación y dosis de herbicidas utilizados en cada una de las parcelas. Finca San Francisco, Carazo, del 2002 al 2004.	12
4.	Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados para el manejo de plagas y enfermedades en cada una de las tres parcelas. Finca San Francisco, Carazo del 2002 al 2004.	12
5.	Fertilización químicas en las parcelas sombra y fertilizante y a pleno sol. Finca san Francisco. San Marcos, Carazo.	13
6.	Características agro-productivas de la variedad Costa Rica 95.	15
7.	Requerimiento de café uva para obtener 100 libras oro (promedio de dos cosechas) ciclo 2005/2006. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	47
8.	Efecto de la sombra, fertilización y número de cosecha sobre el aspecto y la apariencia de tostado del grano de café.	51
9.	Características organolépticas del café en las dos cosechas Evaluadas de los ciclos cafetaleros 2004/2005 y 2005/2006.	55

## INDICE DE FIGURAS

<b>Nº</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1.	Comportamiento de la precipitación y temperatura mensual durante los cuatro años de estudio. Centro Experimental de Café del Pacífico, Jardín Botánico. Masatepe.	4
2.	Aporte de Biomasa seca de los árboles de sombra en los sistemas de Café bajo sombra con fertilizante (CSF) y café bajo sombra sin fertilizante (CS).	16
3.	Aporte de Nitrógeno de los árboles de sombra en los sistemas de Café bajo sombra con fertilizante (CSF) y café bajo sombra sin fertilizante (CS).	17
4.	Efecto de la sombra y la fertilización sobre la altura de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	18
5.	Efecto de la sombra y la fertilización sobre el diámetro del tallo de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	20
6.	Efecto de la sombra y fertilización sobre la proyección de copa (m <sup>2</sup> ) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	22
7.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de nudos en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	24
8.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias totales en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	25

<b>Nº</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
9.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	27
10.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	28
11.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	30
12.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias productivas en el tallo principal en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	31
13.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	32
14.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	33
15.	Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca ( $\text{g pta}^{-1}$ ) en los componentes de la planta de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo	39
16.	Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (%) en la planta de café. Finca San Francisco. Carazo.	39

<b>Nº</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
17.	Efecto de la sombra y fertilización sobre la extracción de nitrógeno (kg ha <sup>-1</sup> ) en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo. de agosto 2002 a junio 2004.	41
18.	Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución (%) del nitrógeno en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	43
19.	Efecto de los sistemas sombra, sol y fertilización sobre el rendimiento (Kg oro ha <sup>-1</sup> ) en cafetos. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo. Ciclo 2004/05 y 2005/06.	45
20.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el porcentaje de defectos de los granos de café en el ciclo agrícola 2005/06.	49
21.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el tamaño de los granos de café (promedio de cada cosecha anual) de acuerdo al calibre que presentaron. Ciclos 2004/05 y 2005/06.	50

## INDICE DE ANEXOS

<b>Nº</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1.	Variables de crecimiento de las plantas de café. Finca San Francisco, San Marcos, Carazo.	65
2.	Variables de estructura productiva de las plantas de café. Finca San Francisco, San Marcos, Carazo.	67
3.	Términos usados para describir la taza del grano de café.	68
4.	Peso (g) y porcentajes de los diferentes compartimientos de la planta de café bajo tres sistemas de manejo. Finca San Francisco San Marcos, Carazo de agosto de 2002 a diciembre de 2004	69
5.	Extracción de nitrógeno en gramos y porcentaje por compartimiento en las plantas de café bajo tres sistemas de manejo. Finca San Francisco, San Marcos, Carazo de agosto de 2002 a diciembre de 2004.	70

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la sombra y la aplicación de fertilizantes químicos sobre el desarrollo de algunas variables de crecimiento, la estructura productiva y la calidad, tanto física como organoléptica, del café (*Coffea arabica* L.) variedad Costa Rica 95, se realizó el presente estudio en la Finca San Francisco, en el municipio de San Marcos, departamento de Carazo, Nicaragua. Consistió de tres parcelas: una a pleno sol con aplicación de fertilizantes y dos bajo sombra de Madero Negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers). Solamente una de estas dos parcelas sombreadas recibió fertilización. Se tomaron ocho plantas de café como parcela útil para la toma de variables de crecimiento, estructura productiva y acumulación de biomasa en cada uno de los muestreos. Las variables medidas fueron: altura del tallo, diámetro del tallo, número de nudos en el tallo principal, número de ramas primarias totales y productivas, número de ramas secundarias totales y productivas, número de ramas terciarias totales y productivas, número de ramas agotadas o muertas, rendimiento y la calidad del café. Además, empleando el método destructivo, se determinó la cantidad de biomasa acumulada en los diferentes componentes de la planta de café y su contenido de nitrógeno. Los datos recopilados fueron sometidos a un análisis T de Student para comparar las medias de los diferentes tratamientos estudiados. Se encontró que la fertilización tiene un efecto muy importante en el crecimiento y en el desarrollo de las estructuras productivas del cafeto; sin embargo la sombra juega un papel mucho más importante en la obtención de un café de calidad. También se encontró que la acumulación de biomasa y nitrógeno es afectada por la fertilización y la luz solar ya que se encontraron diferencias entre las plantas fertilizadas y las no fertilizadas y entre las plantas bajo sombra y las cultivadas a plena exposición solar.

## SUMMARY

With the objective of determining the effect of the shade and the application of chemical fertilizers about the development of some variables of growth, the productive structure and quality, so much physical as organoleptic, of the coffee (*Coffea arabica* L.) variety Costa Rica 95, was carried out the present study in San Francisco Farm, municipality of San Marcos, department of Carazo, Nicaragua. The study consisted of three plots: one plot with full sun with application of chemical fertilizers and two plots with shade of Madero Negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth Walpers). Only one of these two shady plots received chemical fertilization. The used experimental design was of three big plots. Eight coffee plants were taken as net plot, to measure growth production and dry biomass accumulation in each measuring date. The variables were: height of the stem, diameter of the stem, number of knots in the main stem, number of total and productive primary branches, number of total and productive secondary branches, number of total and productive third branches and dead branches, coffee yield and quality. Also, using the destructive method, the dry biomass and nitrogen content accumulated were determined in the different components of the coffee plant. The gathered data were subjected to an analysis T of Student to compare the stockings of the three different studied treatments. It was found that the fertilization has a very important effect in the growth and in the development of the productive structures of the coffee; however the shade plays a much more important function in the obtaining of a quality coffee. It was also found that the accumulation of biomass and nitrogen was affected by the application of fertilization and the solar radiation, because differences between fertilized and those unfertilized plants more found no shaded coffee plants and among the plants I lower shade and those cultivated to full solar exhibition.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El peso de la actividad cafetalera en la economía nicaragüense representa un 33% del PIB del sector agrícola y un 5.7% del PIB global. En el ciclo 2004/2005 las exportaciones de café alcanzaron un volumen de 1,028,800 quintales oro, representando un valor de exportación de 100,798,600 dólares, siendo superior en un 23.9 % al ciclo 2003/2004 (MAGFOR, 2005).

En el periodo 1995-2000 el café aseguró empleo, en promedio, a más de 31 personas de cada cien empleadas a nivel nacional en el sector agrícola, y 13 de cada cien ocupadas en el ámbito nacional laboraban en actividades propias de ese rubro. En el 2003, el empleo generado por la actividad cafetalera alcanzó un promedio de 16 personas de cada cien empleadas a nivel nacional.

La calidad del grano de café es actualmente de gran relevancia en el mercado mundial y en el ámbito de los países productores de este grano, por cuanto que hay signos de un desmejoramiento gradual de las calidades tan apreciadas del café suave lavado para las sociedades consumidoras. La crítica situación de bajos precios, cuya recuperación aun no está a la vista, puede ser aliviada mediante una mejora cualitativa de la oferta exportable de café.

Por otra parte los cafés diferenciados como cafés amigables, ecológicos y orgánicos han logrado establecer nichos de mercado y crecer entre un 15 y un 20 % del total de las exportaciones de cada año. La calidad del café se traduce por las características físicas de sus granos como pueden ser: el color, tamaño, uniformidad, preparación y finalmente la tasa. A lo anterior se le pueden agregar otros factores como: altura, suelo, clima, maduración y la variedad del café cultivado, así también el corte, el beneficiado húmedo, el beneficiado seco y el almacenamiento (Barreto, 2002).



En Nicaragua el café en su mayoría es cultivado bajo sombra, representando este un 96 % de total del área dedicada a este cultivo. Debido a la diversidad de los factores agroecológicos y diversos manejos que se le brinda, es de suma importancia evaluar sistemas de cultivo que ayuden de alguna manera a contrarrestar la baja de los precios internacionales para producir y poder ofrecer un café de alta calidad. Los rendimientos y productividad del café por hectárea son otra parte crítica de la ecuación de producción agrícola. Los rendimientos promedio varían ampliamente según las distintas regiones del país, dependiendo de una gran gama de factores como: densidad de siembra, edad de los cafetos, métodos de cultivo y cosecha y control de plagas y enfermedades.

El propósito de este trabajo de investigación fue comparar tres tipos de manejo agronómico para determinar que variables biofísicas del café se asocian a la productividad del cultivo en cada uno de los manejos, para obtener un café de calidad. Teniendo en cuenta los factores que determinan la producción y calidad del café se llevó a cabo el presente experimento con los siguientes objetivos:

## **1.2 Objetivo general**

- Determinar el comportamiento de las plantas de café creciendo bajo sombra con y sin fertilización y a plena exposición solar con fertilización en el Pacífico de Nicaragua.

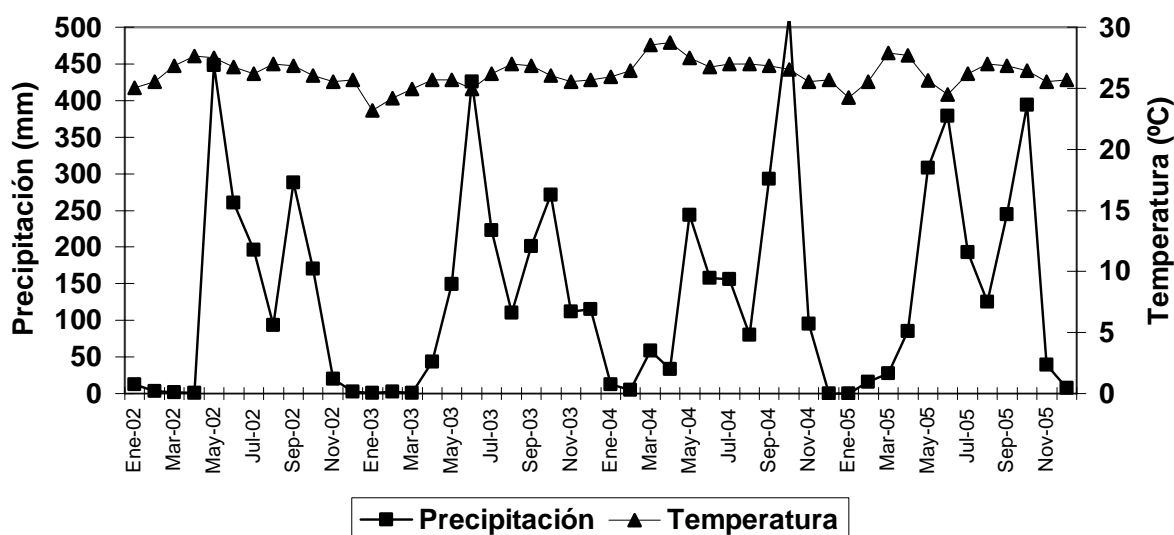
## **1.3 Objetivos específicos**

- Determinar el efecto del manejo de la sombra y la fertilización sobre el crecimiento, el desarrollo y la estructura productiva de las plantas de café.
- Estimar la distribución de biomasa y la acumulación del nitrógeno en los diferentes componentes de las plantas de café bajo tres diferentes sistemas de manejo agronómico.
- Estudiar el efecto del manejo de la sombra y la fertilización sobre el rendimiento y las características físicas y organolépticas del grano de café oro en las diferentes cosechas realizadas.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización y descripción del área de estudio

El presente estudio fue realizado en la finca San Francisco ubicada en el Km 39 ½ de la carretera San Marcos-Las Esquinas en el departamento de Carazo, Nicaragua. La ubicación geográfica del sitio en estudio esta entre las coordenadas 11° 53 ' 80 " latitud Norte y 86 ° 14 ' 05 " longitud Oeste, a una altitud de 670 metros sobre el nivel del mar (msnm), con una precipitación acumulada anual de 1400 mm, con temperatura promedio anual de 26 °C y una humedad relativa de 80 %. La precipitación acumulada y temperatura promedio durante la fase de estudio fue de 2119.3 mm y 25.7 ° C respectivamente.



**Figura 1.** Comportamiento de la precipitación y temperatura mensual durante los cuatro años de estudio. Centro Experimental de Café del Pacífico, Jardín Botánico. Masatepe.

Marín (1990) clasifica la región donde se realizó el estudio en un bosque húmedo premontano tropical. Los suelos de la zona pertenecen a la serie San Marcos del orden de los Andisoles con topografía plana, pH de 4.8-6.3 y textura franco arenoso. En muestras de suelo tomadas en septiembre de 2002 se determinó que

el suelo presentó textura franco arenosa, pH entre 5.4 y 5.7, con alto contenido de materia orgánica y nitrógeno, pero deficiente en fósforo (Tablas 1 y 2).

**Tabla 1.** Características físicas del suelo de cada una de las parcelas experimentales establecidas, Finca San Francisco, Carazo.

Tratamiento	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clase textural
Sombra y Fertilizante	2.5	25	72.5	Franco Arenoso
Sin sombra con fertilizante	5	22.5	72.5	Franco Arenoso
Sombra sin fertilizante	5	22.5	72.5	Franco Arenoso

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria, 2002.

**Tabla 2.** Características químicas de los suelos de cada una de las parcelas experimentales establecidas, Finca San Francisco, Carazo.

Tratamientos	pH	MO (%)	N (%)	P ppm	K Ca Mg			Fe	Cu	Zn	Mn
					meq / 100 g de suelo						
Sombra y Fertilizante (CSF)	5.7	12.5	0.62	7.47	0.48	9.81	1.72	178	94	70	111
Sin sombra con Fertilizante (CsoIF)	5.6	11.7	0.58	4.94	0.56	10.11	2.04	184	111	81	139
Sombra sin Fertilizante (CS)	5.4	11.2	0.56	0.12	0.37	7.23	1.03	211	118	68	121

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria, 2002.

## 2.2. Descripción de la metodología

La plantación de café, vr Costa Rica 95, fue establecida en el año 2000. En mayo de 2002, se delimitaron tres parcelas de 40 m de ancho por 48 m de largo (1,920 m<sup>2</sup>) con 24 hileras de plantas de café distanciadas cada dos metros con un metro entre planta y planta para una densidad poblacional de 5,000 plantas de café por hectárea, con árboles de sombra de madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin)

Kunth ex Walpers) uniformemente distribuidos en el área (8 x 8 m) para un total de 156 árboles por hectárea. El área total del experimento fue de 5,760 m<sup>2</sup>.

Al inicio de la estación lluviosa se hizo un muestreo de suelo para realizarle análisis físico y químico. Se tomaron 8 muestras (4 entre las plantas y 4 entre las hileras) compuestas por 5 submuestras a una profundidad de 0-30 cm en cada tratamiento (Tablas 1 y 2).

Para establecer la parcela a pleno sol se procedió a eliminar los árboles de madero negro y a sacar los residuos de estos de la parcela para evitar el efecto de incorporación de ramas y hojas sobre la fertilidad del suelo. Se hizo un inventario de los cafetos en las parcelas a partir del diámetro y altura de las plantas, luego se marcaron 64 plantas de café por tratamiento para ser evaluadas en junio, septiembre y diciembre de los años 2002, 2003 y 2004, tomando como referencia el diámetro y la altura media de todas las plantas de cada tratamiento.

Los datos del presente estudio se recolectaron en 8 plantas en agosto y diciembre de 2002, 8 plantas en junio, septiembre y diciembre 2003 y para el seguimiento de este estudio se tomaron 8 plantas en junio, septiembre y diciembre de 2004 en cada uno de los tres tratamientos: a) café con sombra y fertilizante (CSF), b) café a pleno sol y fertilizante (CSolF) y c) café con sombra sin fertilizante (CS); dos de ellos asociados con sombra de madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers). En los dos tratamientos fertilizados la dosis fue la misma.

El diseño utilizado fue de tres parcelas grandes de 1920 m<sup>2</sup> y se tomaron ocho plantas de café en cada uno de los muestreos utilizando el método de destrucción total.

**2.2.1. Variables de crecimiento.** La medición de estas variables fue tomada en los meses de agosto y diciembre de 2002; junio, septiembre y diciembre de 2003 y junio, septiembre y diciembre de 2004. A continuación se describen:

**Altura de tallo (cm):** se midió con una cinta métrica desde el nivel del suelo hasta el último nudo o último par de hojas verdaderas.

**Diámetro del tallo (mm):** se utilizó un vernier o pie de rey y se midió el diámetro del tallo a una altura de 10 cm sobre la superficie del suelo.

**Proyección total de copa (m<sup>2</sup>):** se tomó como diámetro medio de copa la suma de los diámetros de copa dentro de la fila y hacia las calles divididas entre dos. Luego se aplicó la siguiente fórmula para calcular el área proyectada por la copa del café:

$$PTCC = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

**PTCC** = proyección de copa de café (m<sup>2</sup>)

**D** = diámetro medio de la copa (m)

$\pi$  = 3.1416 (constante)

**Nota:** se asume que la copa del café tiene una forma circular

**Nudos totales por planta en el tallo principal:** se contabilizaron los nudos totales presentes en cada tallo, incluyendo los nudos cuando no estén presentes las ramas.

**Número de ramas primarias totales en el tallo principal:** se contabilizaron todas las ramas primarias presentes en el tallo principal. Se incluyeron todas las ramas que presentaron al menos dos nudos incluyendo el ápice.

**Número de ramas secundarias en el tallo principal:** se contabilizaron todas las ramas secundarias presentes en el tallo principal de cada planta. Se incluyeron las ramas que presentaron al menos dos nudos formados incluyendo el ápice.

**Número de ramas terciarias en el tallo principal:** se contabilizaron todas las ramas terciarias presentes en cada planta. Se incluyeron todas las ramas que presentaron al menos dos nudos formados incluyendo el ápice.

**Número de ramas primarias agotadas o muertas en el tallo principal:** se contabilizaron las bandolas primarias que no presentaron ningún fruto o que presentaron más del 75 % de tejido muerto.

**2.2.2. Variables de estructura productiva.** Para medir estas variables se seleccionaron 8 plantas de café en los meses de agosto, diciembre de 2002, junio, septiembre y diciembre de 2003 y junio, agosto y diciembre de 2004. A continuación se describen:

**Número de ramas primarias productivas en el tallo principal:** en los tallos principales de cada planta se contabilizaron todas las ramas primarias que presentaron al menos un nudo productivo.

**Número de ramas secundarias productivas en el tallo principal:** se contabilizaron todas las ramas secundarias que presentaron al menos un nudo productivo.

**Número de ramas terciarias productivas en el tallo principal:** se contabilizaron todas las ramas terciarias que presentaron al menos un nudo productivo.

### **2.2.3. Distribución de la biomasa en los componentes de la planta de café**

Primero se procedió a contar todas las ramas y a estas se les separó todos sus frutos y hojas. Posteriormente utilizando piocha y palas se procedió a extraer el

tallo con todo el sistema radicular, esto se hizo en cada una de las 8 plantas de cada parcela por muestreo.

Se determinó la cantidad de biomasa en las plantas de café en los meses de agosto y diciembre 2002; junio, septiembre y diciembre 2003 y junio, septiembre y diciembre 2004. En cada planta se tomó el peso fresco del sistema radicular, tallo, ramas, hojas y frutos utilizando el método destructivo.

De cada una de las 8 plantas seleccionadas por muestreo se separaron y se pesaron (biomasa fresca) los compartimientos de la planta (raíces, tallo, ramas, hojas y frutos), posteriormente se tomó una muestra de 200 g de peso fresco de cada componente por planta y se secó en un horno de ventilación forzada a 65° C para llevarlo a un peso constante y poder determinar la biomasa seca.

#### **2.2.4. Extracción de Nitrógeno total en los componentes de la planta de café**

Para determinar la concentración de nitrógeno de las ocho plantas se juntaron la uno, dos y tres para la primera muestra; la cuatro, cinco y seis para la segunda muestra y la siete y ocho para la tercera muestra por parcela y por componente. En cada muestreo se tomaron tres muestras por parcelas para un total de nueve muestras por muestreos realizados en junio, septiembre y diciembre de cada año. Las muestras secas y molidas de cada uno de los componentes: raíces, tallos, ramas, hojas y frutos, fueron enviados al laboratorio de suelos y agua (LABSA) de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Para determinar el nitrógeno total por componente de la planta de café se utilizó el método Sulfaselénica (Digestión Húmeda), se procedió a preparar una muestra de 0.2 gramos de cada componente, se le adicionó 5 ml de la mezcla sulfaselénica, se introdujo en un microdigestador a una temperatura entre 360 y 410°C, luego de digestada y enfriada la muestra se procedió a la destilación del Nitrógeno.



La destilación se realizó en un tubo de digestión en un microdestilador, se le adicionaron automáticamente 25 ml de NaOH y 50 ml de agua destilada, el destilado se recoge en un erlenmeyer de 250 ml conteniendo 40 ml de ácido bórico más verde bromocresol, hasta obtener un volumen de 150 ml del destilado, posteriormente se valora con ácido sulfúrico (0.05 N). Luego se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% N_t = \frac{(M - B) * N * 1.401}{0.2g}$$

Donde:

*M* = Son los mililitros de ácido sulfúrico gastados en la valoración de las muestras.

*B* = Son los mililitros gastados de ácido sulfúrico en la valoración del blanco.

*N* = Es la normalidad del ácido sulfúrico a 0.05 N.

## **2.2.5 Rendimiento de las parcelas**

**Rendimiento en kg oro:** La cosecha fue realizada en toda la parcela experimental de 1920 m<sup>2</sup> por lo tanto no se hicieron repeticiones. Un total de 5 cosechas se realizaron en el 2002, 7 cosechas en el 2003, 4 cosechas en el ciclo 2004/2005. Se registraron los pesos de café uva de manera independiente de cada corte incluyendo los graniteos, cortes y repelas. El peso de café uva se multiplicó por un factor 0.182 para convertirlo en café oro o café verde al 12% de humedad.

## **2.2.6. Determinación de las características físicas y organolépticas del grano de café**

Las muestras por parcela y por cosecha fueron llevadas a café oro al 12 % de humedad en el Centro Experimental Jardín Botánico y enviadas inmediatamente al laboratorio de catación de café CERCAFENIC de UNICAFE para su respectivo análisis.

**Aspectos físicos:** para evaluar esta característica se tomó una muestra de 500 g de café oro por cosecha por tratamiento o sistema, se analizó el tamaño de los granos oro clasificándolos según los siguientes calibres: 19/64", 18/64", 17/64", 16/64", 15/64" y < de 15/64", también se determinó la humedad, aspecto, tostado y el porcentaje de defectos.

**Aspectos organolépticos:** A las mismas muestras de 500 gramos que se enviaron al laboratorio se determinó el aroma, acidez, cuerpo, licor, taza, tipo y calidad.

### **Análisis estadístico de los datos**

La estructuración de la base de datos para todas las variables observadas en el cultivo se hizo mediante el uso de la hoja electrónica EXCEL. Las variables de crecimiento y estructura productivas se analizaron de forma cualitativa mediante figuras. De igual manera se hizo para el rendimiento y la calidad ya que no habían repeticiones. Las variables de biomasa por componente de la planta de café se analizaron mediante la prueba T de Student o comparación de dos parcelas. El procedimiento y análisis estadístico de la información se realizaron con el programa estadístico MINITAB Statistical Software 13.20

### **2.3. Manejo Agronómico**

El manejo agronómico de las parcelas se realizó de la manera convencional de la zona y de la finca en donde se estableció el estudio. El área sembrada en esta finca es de 172.25 ha (245 Mz), con una producción promedio de 188.4 kg oro ha<sup>-1</sup>.

El manejo convencional del cultivo incluyó el manejo de malezas a través del control manual con machete realizándose cuatro pases de deshierba, también se realizó en septiembre de cada año un desbejuque; el control químico de las malas hierbas se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3.** Meses de aplicación y dosis de herbicidas utilizados en cada una de la parcelas. Finca San Francisco, San Marcos, Carazo. 2002-2004.

		<b>Momentos de aplicación</b>					
Producto	Dosis (l/ha <sup>-1</sup> )	2002			2003		2004
		Junio	Agosto	Octubre	Junio	Octubre	Junio
Glifozato	2	X	X		X		
2,4-D	0.7		X		X	X	X
Paraquat	2	X		X		X	X

Las plagas y enfermedades se manejaron utilizando diferentes productos los cuales se describen en la tabla 4. La fertilización edáfica solo se realizó a dos parcelas de las tres que se seleccionaron para dicho estudio, el método de aplicación del fertilizante fue al voleo en la base de la planta, los productos y dosis se presentan en la tabla 5.

**Tabla 4.** Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados para el manejo de plagas y enfermedades en cada una de las tres parcelas. Finca san Francisco, San Marcos, Carazo.

		<b>Momentos de Aplicación</b>					
		2002			2003		2004
Producto		Junio	Agosto	Octubre	Marzo	Mayo	Junio
Cobre(kg/ha <sup>-1</sup> )		2.5	2.5	2.5		2.5	2.5
Urea (kg/ha <sup>-1</sup> )		380	50		380	380	
Endosulfan (l/ha <sup>-1</sup> )		1.423					1.5
Adherente (cc/barril <sup>-1</sup> )		150					
Agua (barriles/ha <sup>-1</sup> )		2					
Caporal (cc/ha <sup>-1</sup> )			455				
Alto (cc/ha <sup>-1</sup> )				355			350
MOP (kg/ha <sup>-1</sup> )					2.5		
Ácido bórico (kg/ha <sup>-1</sup> )					1	1	
Lorsban(lt/ha <sup>-1</sup> )					1.423		1.5
Sulfato de zinc(kg/ha <sup>-1</sup> )						1	

**Tabla 5.** Fertilización química en las parcelas sombra y fertilizante y a pleno Sol, Finca san Francisco, San Marcos, Carazo.

Año	Fertilización química (kg/ha)		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
2002	195.9	48.5	126.3
2003	200.1	40.8	147.0
2004	313.7	0.0	112.0
2005	309.0	107.4	97.5

#### **2.4. Descripción de la variedad Costa Rica 95**

La variedad Costa Rica 95, es producto de la selección realizada por el ICAFE de Costa Rica a partir de la serie T-8600 introducida y evaluada en el CATIE por PROMECAFE en generación F5. La variedad Costa Rica 95 es de porte bajo con brotes bronceados y de bandolas muy cortas, fruto y grano de tamaño grande; hojas nuevas de color café o bronce (ANACAFE, 1998).

Este Catimor en Costa Rica y en algunos otros países ha presentado resultados satisfactorios en cuanto a producción, superando en algunas ocasiones algunas variedades comerciales regionales. Tiene muy buenas características de grano y buena respuesta a la poda. Se adapta muy bien en ambientes favorables propios del cultivo (Zamora, 1998).

Esta variedad se puede sembrar con las mismas densidades de siembra que la variedad Caturra. Produce entre 25 y 35 % más que las variedades Caturra o Catuai. Según la zona, para mantener altos rendimientos, requiere una fuerte fertilización, si no se agota a partir del tercer año de producción. El grano es mas grande (se acerca al Typica) y supera un poco el tamaño del T-5175 o del Catuai y significativamente el tamaño del Caturra (respectivamente: 67.90 % contra 65.17 %, 63.30 % y 53.99 % sobre un tamiz de 17/64 pulgadas). Tiene un poco más caracoles que el Caturra, pero igual que el Catuai (alrededor de 6 a 10 % en

promedio de varias zonas). Su alta resistencia a la roya lo hace recomendable principalmente para las zonas donde existe una mayor incidencia de esta enfermedad (Bertrand *et al.*, 1999).

La variedad Costa Rica 95, es producto de la selección genealógica de la serie T-8600 (F5), en diversas zonas cafetaleras de Costa Rica. Se basó en la comparación de familias (descendientes de un antecesor común) y la escogencia de los mejores individuos que conformaron la familia más sobresaliente. En este caso, se comprobó la alta capacidad productiva y agronómica de la familia T-8667 y la superioridad de las progenies T-8667 (1-1) {192, 194, 197, 242, 243, 246, 248, 361, 369, 396, 397, 398, 399}; T-8667 (2-1) {102, 108, 313, 318, 319, 524, 525, 528} (Zamora, 1998).

Algunas de las características agro productivas generales de la variedad Costa Rica 95 generadas en el Instituto del café de Costa Rica (ICAFFE) se presentan en la tabla 6.

**Tabla 6.** Características Agro productivas de la variedad Costa Rica 95

<b>I. Características Fenotípicas</b>	
1.-Porte	Bajo
a. Tamaño planta	Bajo
b. Entre nudos	Cortos
c. Heredabilidad del porte	Alto
2.-Brotos ( Hojas Apicales )	Bronceado ( café) oscuro
3.-Mal formación	Piramidal
4.-Longitud de bandolas	Muy corta
5.-Tamaño y tonalidad de hoja	Media ,y muy oscuro
<b>II. Características Agronómicas</b>	
1.-Precocidad	Alto
2.-Vigor	Alto
3.-Ciclos productivos	Cortos
4.-Bianualidad	Marcada
5.-Densidad	7086
6.-Densidad recomendada	1.68 m. X 0.84 m. Regiones bajas 2.0 m x 1.0 m. Regiones altas
<b>III. Resistencia a plagas y enfermedades</b>	
1.-Ojo de gallo	Moderada
2.-Cercospora	Media
3.-Rosada	Susceptible
4.-Roya	Resistencia
5.-CBD	Susceptible
6.-Broca, Nematodos, Cochinilla	Susceptible
<b>IV. Producción</b>	
	Alta
<b>V. Características del Fruto</b>	
1.-Coloración	Rojo
2.-Resistencia a la caída	Alto
3.-Fruto vano	<5,0
4.-Época de maduración	Temprana a media
<b>VI. Características Físicas del grano</b>	
1.- Tamaño	Grande
2.- Anormalidades	<12,0
3.- Forma	Typica
4.- Peso/ Volumen	Alto

Fuente: Aguilar G., 1995.

## 2.5 Poda del Madero Negro

Se utilizó el árbol de madero negro (*G. sepium*), especie arbórea típica para sombra en los sistemas de producción de café en la región del pacífico de Nicaragua. Se efectuó una poda en agosto de 2002, 2003, 2004 y 2005 en los árboles de sombra que consistió en un manejo de elevación y descentralización de la misma, propio de la zona en donde se realizó el experimento en los tratamientos manejados con sombra.

Los aportes de biomasa que hacen los árboles de sombra varían en dependencia de la parte de la planta que se incorpore al suelo. Así, se tiene que las hojas, en el sistema CSF, aportaron entre los años 2002 y 2005, una media anual de 5.25 kg de biomasa por árbol (819.6 kg ha<sup>-1</sup>). En el sistema CS los aportes fueron de 4.81 kg de biomasa por árbol por año (751.2 kg ha<sup>-1</sup>).

El aporte de los tallos es mayor, representando una media anual de 24.96 kg de biomasa por árbol (3893.68 kg ha<sup>-1</sup>) en el sistema CSF y de 21.71 kg de biomasa por árbol (3387.6 kg ha<sup>-1</sup>) para en el sistema CS.

Tomando en cuenta que las hojas contienen 3.7% de nitrógeno tenemos que estas aportaron 30.32 kg de N por hectárea por año para CSF y 27.79 para CS. Los tallos, que contienen 1.04% de N, aportaron anualmente 49 kg por hectárea por año para CSF y 35.23 para CS.

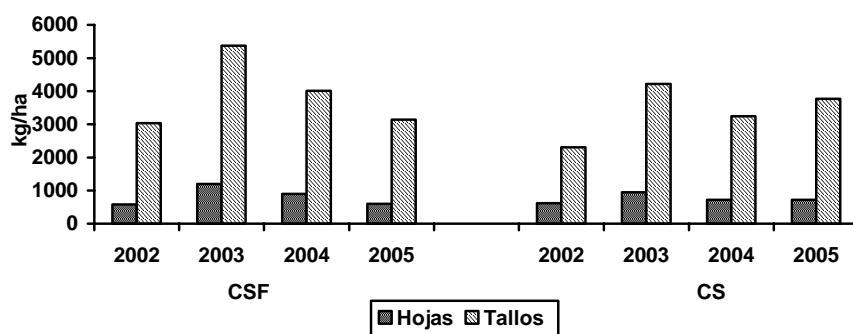


Figura 2. Aporte de Biomasa seca de los árboles de sombra en los sistemas de Café bajo sombra con fertilizante (CSF) y café bajo sombra sin fertilizante (CS).

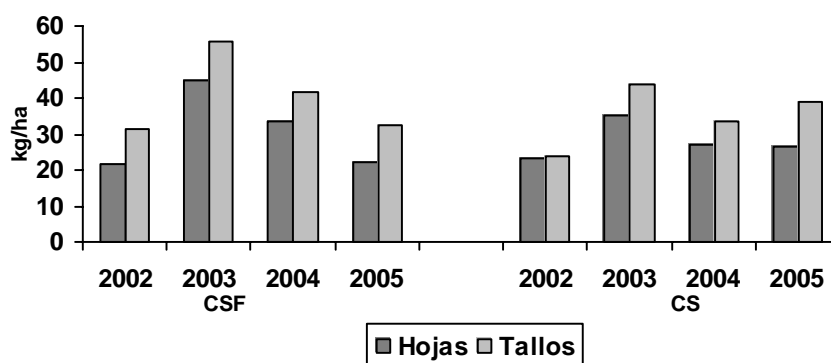


Figura 3. Aporte de Nitrógeno por la poda (hojas y ramas) de los árboles de sombra en los sistemas de Café bajo sombra con fertilizante (CSF) y café bajo sombra sin fertilizante (CS).

El nitrógeno total contenido en las hojas del madero negro es incorporado al suelo por medio de la descomposición de la materia orgánica, sin embargo, el nitrógeno acumulado en las ramas grandes y tallos no retorna al suelo ya que este es utilizado como leña por los trabajadores de la finca.

En los sistemas CSF y CS el aporte de nitrógeno que hacen las hojas representa aproximadamente 1.5 y 1.3 quintales de urea al 46 % respectivamente, que no es necesario aplicar como fertilizante químico, o sea que se pueden tomar en cuenta a la hora de calcular la dosis de fertilizante a aplicar en cada parcela.



### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento vegetativo de las plantas de café.

##### 3.1.1. Altura de la planta (cm)

El crecimiento ortotrópico de una planta de café, señalado por la altura del tallo, es muy influenciado por las condiciones del medio, como iluminación, sombra y fertilidad del suelo (Coste, 1969). La altura de la planta de café varía considerablemente y es determinada por la variedad (Blanco, 1984).

De los tres sistemas de manejo evaluados, los cafetos bajo sombra obtuvieron el mayor crecimiento (altura del tallo) durante el periodo de 2002-2004. En primer lugar se encontró que la mayor altura fue para el café con sombra y fertilización (CSF) cuyo primer dato tomado (en agosto de 2002) fue de 116 cm y el último (en diciembre de 2004) de 211.4 cm con un incremento en altura de 95,4 cm; el café con sombra sin fertilización (CS) obtuvo en el primer muestreo una altura de 118.25 cm y en el último 201.2 cm, con un crecimiento de 83 cm y, por último, el café a pleno sol con fertilización (CSolF) creció de 116.25 cm a 172 cm mostrando un incremento de 55,7 (Figura 4).

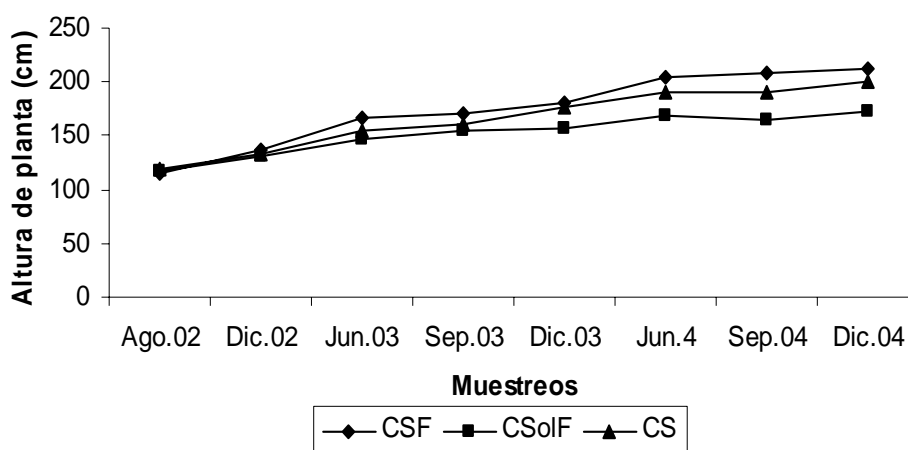


Figura 4. Efecto de la sombra y la fertilización sobre la altura de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

Para los sistemas de café bajo sombra fertilizado y bajo sombra no fertilizado, la fertilización química solamente contribuyó a marcar la diferencia entre el crecimiento de las plantas de cafeto de ambos sistemas. Los resultados obtenidos concuerdan con Nosti (1969), quien afirma que la longitud de los entrenudos en el tronco vertical del cafeto depende de la iluminación y la nutrición nitrogenada, entre otros factores. Alvim (1962), afirma que la intensidad de crecimiento está afectada por el suministro de agua, temperatura, intensidad de luz y fotoperíodo, factores incidentes en cafetos cultivados a plena exposición solar.

La sombra es un factor determinante en la longitud del tallo, ya que los cafetos cultivados bajo sombra tienden a alcanzar mayor altura que los cultivados a pleno sol debido a la menor penetración de la luz solar. Las plantas responden a la sombra ya que esta induce la elongación de las células como una respuesta fisiológica a la necesidad de encontrar la cantidad de luz necesaria para la realización de su actividad fisiológica normal. El Instituto Salvadoreño de Investigación del Café (ISIC, 1977) reporta que una planta de café bajo sombra tiene un crecimiento muy alargado. También Henao (1982) afirma que el cafeto crece más lento cuando se cultiva a pleno sol e igualmente Fournier (1988a) afirma que las plantas cultivadas a pleno sol tienen un menor crecimiento ortotrópico.

### **3.1.2. Diámetro del tallo (mm)**

El diámetro de tallo determina en gran manera la capacidad en sostener toda la parte aérea de la planta, así mismo, es considerado como un índice de vigor (Arias *et al.*, 1976).

La figura 5 muestra que para la variable diámetro del tallo en diciembre de 2004 el sistema de café con sol y fertilización (CSolF) alcanzó los mayores valores con 56.8 mm, seguido del sistema café con sombra fertilizado (CSF) con 53 mm y, por

último, el sistema de café con sombra sin fertilización (CS) con un valor de 52.2 mm. Se puede observar en las figura 4 y 5 que el café bajo sombra y fertilización alcanzó la mayor altura y el mayor diámetro desde diciembre de 2003 a septiembre de 2004.

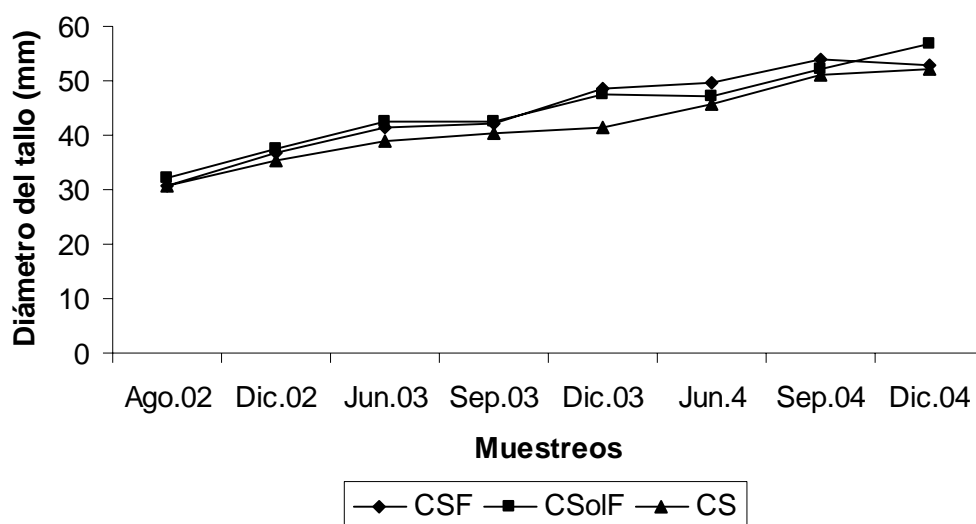


Figura 5. Efecto de la sombra y la fertilización sobre el diámetro del tallo de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

Los resultados obtenidos para la variable diámetro del tallo pueden explicarse desde el punto de vista de que las plantas a las que se aplicó fertilización tienen una mayor disponibilidad de nutrientes los cuales pueden utilizar con gran facilidad y convertirlos en componentes estructurales de las mismas (biomasa).

Por otro lado, las plantas expuestas a una fuerte insolación, como es el caso de las plantas del sistema a pleno sol (CSolF) tienen una actividad fisiológica (fotosíntesis, respiración, transpiración) mucho mayor que las que crecen bajo sombra (CSF y CS). Esta condición marca la diferencia entre café bajo sombra y a plena exposición solar debido a que este último, por presentar una alta actividad fotosintética, tiene una mayor circulación de savia bruta y elaborada, lo que induce en la planta un mayor desarrollo de los tejidos vasculares. Esto concuerda con

Suárez de Castro *et al.* (1961), quienes reportan que el diámetro del tallo del cafeto es menor a la sombra y Carvajal (1984) señala que el cafeto a pleno sol presenta mayor diámetro del tallo.

### **3.1.3. Proyección de copa (m<sup>2</sup>)**

La sombra proyectada por los árboles y plantas de café reduce el efecto competitivo de las malezas ya que disminuye el crecimiento (Castro y Díaz, 2004). Fournier (1988) afirma que la parte aérea de la planta de café está relacionada con la proyección de las raíces en el suelo y que existe una interacción nutricional.

En la figura 6 se muestra que en el mes de agosto 2002, el mayor incremento lo presentó el sistema de café con sombra sin fertilizante (CS) con 2,05 m<sup>2</sup>. Posteriormente en los meses de junio, septiembre, diciembre 2003 y diciembre 2004, el manejo con sombra y fertilización (CSF) presentó los mejores resultados. Al final del estudio el café a pleno sol presentó la menor proyección de copa con 2.3 m<sup>2</sup>.

El sistema que presentó el mayor incremento en la proyección de copa desde agosto de 2002, fue el café con sombra y fertilización (CSF) con 1.46 m<sup>2</sup>, seguido por el sistema a pleno sol (CSolF) con 0.75 m<sup>2</sup> y por último el manejo de café bajo sombra sin fertilización (CS) con 0.55 m<sup>2</sup>.

Los datos recolectados durante los ocho muestreos muestran que la fertilización adecuada es muy importante para mantener el ritmo de crecimiento en el cafeto y esto se hace notar en el sistema de café bajo sombra sin fertilización (CS), donde las plantas estuvieron sometidas a fuerte presión por deficiencia de nutrientes. Henao (1982) dice que el café es muy exigente a nutrientes y que requiere

suficientes y balanceados nutrientes para la formación y sustentamientos de sus órganos.

La proyección de la copa en la planta de café es un factor que se debe tomar en cuenta al momento de elegir las distancias de siembra ya que los cafetos al presentar una copa muy amplia compiten por luz y nutrientes con su vecino más próximo. De esta manera se puede afirmar que los sistemas bajo sombra necesitarían una densidad de siembra menor para cumplir con el mayor desarrollo de la copa.

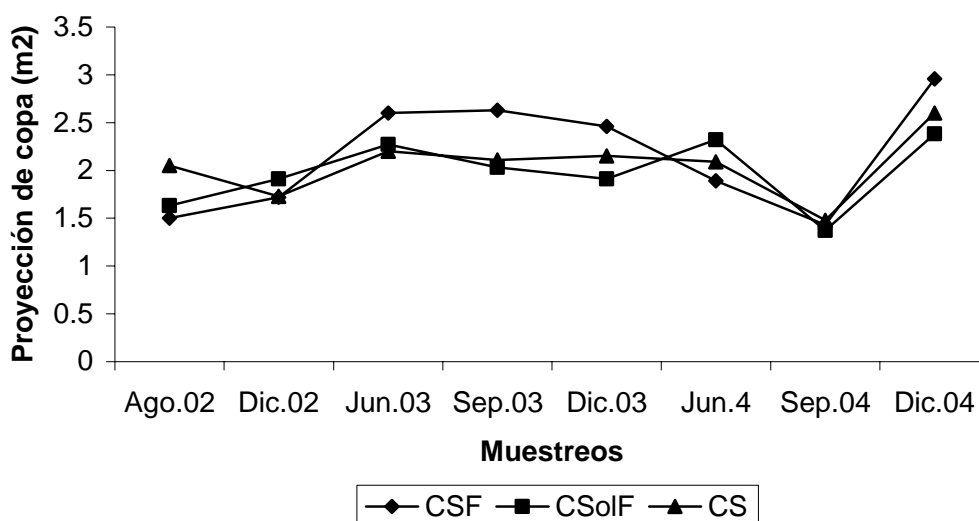


Figura 6. Efecto de la sombra y fertilización sobre la proyección de copa (m<sup>2</sup>) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### 3.1.4. Nudos totales en el tallo

El sistema Café con Sombra (CS) obtuvo el menor incremento en el número de nudos totales. En el último muestreo (diciembre 2004) se encontró que Café con Sombra y Fertilizante (CSF) fue el sistema que obtuvo el mayor número de nudos totales en el tallo principal, seguido de Café con Sombra y, por último, Café con Sol y Fertilizante (CSolF). Como se puede apreciar en la figura 7, para la variable nudos totales en el tallo, durante el año 2002, no existe mucha diferencia entre los tres sistemas, aunque se puede notar la evolución del desarrollo de las plantas.

Para el último muestreo de 2003, se puede apreciar que el sistema que obtuvo un mayor incremento en el número de nudos fue Café con Sol y Fertilizante (CsoIF).

El comportamiento que expresan los diferentes sistemas en cuanto a esta variable está relacionado con las condiciones edafoclimáticas existentes en cada uno de ellos. El mayor número de nudos encontrado en los sistemas bajo sombra se debe en gran medida al aporte de la hojarasca que los árboles proporcionan al suelo incrementando la fertilidad del mismo, poniendo a disposición de las plantas los nutrientes que esta contiene, y al microclima favorable para el desarrollo vegetativo del cafeto. Estos resultados coinciden con los que reportan Carvajal (1972) y Russo (1984) citados por Fournier (1988) quienes señalan que las plantaciones a pleno sol y bajo sombra regulada difieren en el aporte que los árboles de sombra dan al contenido de nutrimentos del suelo, a través de la hojarasca en especial el nitrógeno, tan importante en el crecimiento del cafeto.

Briceño y Arias (1992) señalan que el crecimiento vegetativo ocurre a través del año, pero la velocidad varía debido a cambios en los factores climáticos, además encontraron que el ritmo de crecimiento está relacionado con las lluvias. Henao (1982), citando varios autores, señala que el cafeto a pleno sol desarrolla menos nudos o cruces en el tallo que los que se cultivan bajo sombra. También Nosti (1970), señala que la iluminación influye en el crecimiento en longitud y en el número de entrenudos en el cafeto.

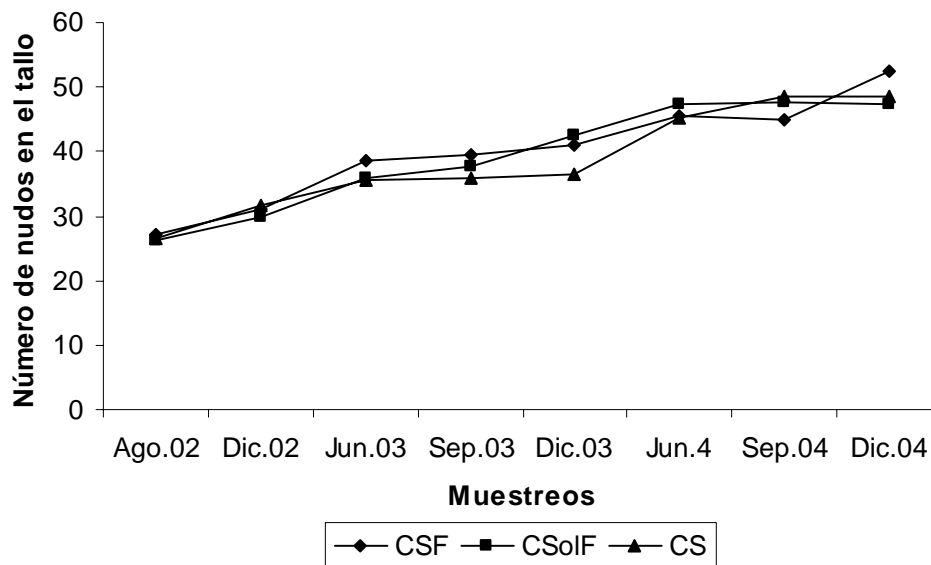


Figura 7. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de nudos en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### 3.2. Efecto de los sistemas de manejo sobre la estructura productiva de las plantas de café

#### 3.2.1. Ramas primarias totales

El número de ramas primarias podría ser considerado como un primer índice de productividad de la plantación. Según Arias *et al.*, (1976) y Salazar *et al.*, (1988); la cantidad de ramas primarias es una característica morfológica del cafeto que se relaciona con la productividad.

En el presente trabajo, los resultados obtenidos indican que el sistema que obtuvo el mayor número de ramas primarias totales en el tallo principal fue Café con Sombra y Fertilizante (CSF) el cual mostró una diferencia, entre el primer muestreo y el último de 42 ramas (Figura 8). A este le siguieron Café con sombra

sin Fertilización (CS) con una diferencia de 35.4 ramas y Café a pleno Sol (CSolF) con un incremento de solo 30.6 ramas en el tallo principal.

Lo anterior pone en evidencia que existe una estrecha relación entre el número de ramas primarias totales y el número de nudos totales presentes en el tallo. Este resultado concuerda con Coste (1969), quien afirma que las ramas plagiotrópicas nacen de las yemas llamadas extra axilares o “cabezas de serie” que se forman en cada nudo. De ahí que, cuantos más nudos tenga un cafeto en su tallo, mayor será la cantidad de ramas primarias. Este resultado también puede atribuirse, entre otras cosas, al efecto que sobre estos sistemas tienen los factores edáficos, la fertilización y el microclima generado por los árboles de sombra.

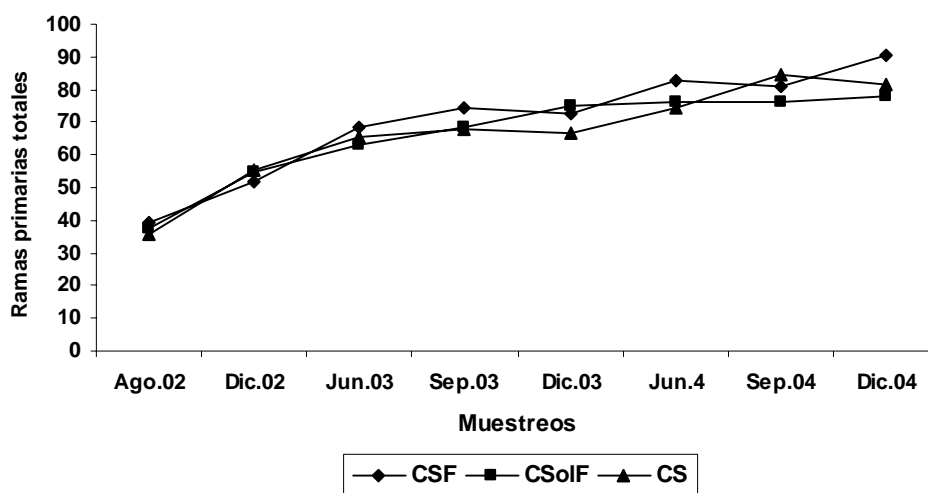


Figura 8. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias totales en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### 3.2.2. Ramas secundarias totales

A partir de las yemas cabeza de serie de las ramas primarias se forman ramas secundarias (Ramírez, 1996), en las cuales cada nudo que presentan posee yemas que al brotar desarrollan flores y posteriormente frutos, dando como resultado una mayor productividad.



En la figura 9, se puede apreciar que el sistema que obtuvo el mayor número de ramas secundarias para cada muestreo y que al mismo tiempo presentó mayor desarrollo, fue café con sombra y fertilización (CSF) el cual pasó de 36.37 ramas en el primer muestreo (agosto de 2002) a 164 en el último (diciembre de 2004) mostrando una diferencia de 127.63 ramas en los tres años de evaluación. En segundo lugar se ubica el sistema a pleno sol con fertilización (CSolF) el cual pasó de 40.62 ramas en el primer muestreo a 158 en el último, presentando una diferencia de 117.38 ramas y, por último, se encuentra el café bajo sombra sin fertilización (CS) que obtuvo una diferencia de 95.65 ramas en el último muestreo en comparación con el primero.

La respuesta a los resultados anteriores se puede explicar por el hecho de que la sombra podría jugar un papel menos importante en la formación de ramas secundarias, ya que el suministro de abonos químicos favorece el desarrollo y la brotación de las yemas de las ramas primarias. Suárez de Castro *et al.*, (1961) señala que las plantas de café a plena exposición solar compensarán su menor crecimiento vertical y lateral, con la emisión de ramas secundarias desempeñando un papel importante en la fisiología del cafeto. Sin embargo Aguilar (1995) afirma que en zonas con alta temperatura las características de porte y conformación de la planta se ven alteradas por un desarrollo vegetativo abundante y profuso.

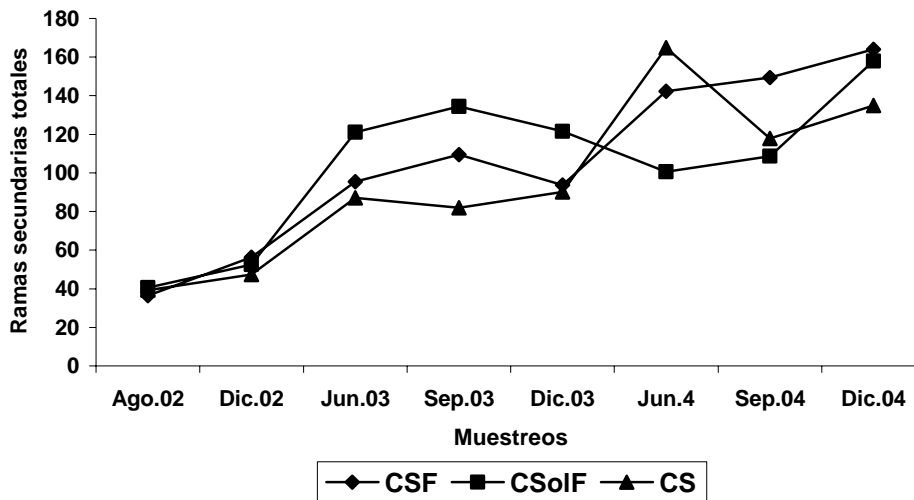


Figura 9. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### 3.2.3. Ramas terciarias totales

Las ramas terciarias se originan a partir de las yemas cabeza de serie de las ramas secundarias (Coste, 1969). Las ramas terciarias son importantes debido a que cuando las ramas primarias han perdido su capacidad de floración, las siguientes fructificaciones se trasladan a las ramas secundarias y terciarias (Zelaya y Sotelo, 2000).

El número de ramas terciarias totales muestra un evidente incremento en el transcurso de los años de la investigación. Como se puede observar en la figura 10, a partir del segundo muestreo, el sistema que presenta el mayor número de ramas terciarias totales es Café con Sol y Fertilizante (CsolF), seguido de Café con Sombra y Fertilizante (CSF) y Café con Sombra sin fertilizante (CS) que presentó el menor número de ramas terciarias totales. A partir del segundo muestreo (diciembre de 2002) los tres sistemas mantuvieron la misma tendencia casi invariable durante toda la investigación, solo difiriendo en diciembre de 2003, cuando CSF presentó mayor número de ramas terciarias. Sin embargo, de forma

general, se puede afirmar que el sistema que presentó el mayor número de ramas terciaria totales fue CSoIF.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que existen dos factores que influyen en el desarrollo de las ramas terciarias. Estos factores son, en primer lugar la iluminación, que obliga a la planta a tener un mayor desarrollo de las estructuras plagiotrópicas en compensación por el menor desarrollo de su eje vertical u ortotrópico. El segundo factor es la fertilización que, en el sistema CSF, aunque la planta tiene un mayor desarrollo vertical inducido por las condiciones de sombra, también debe utilizar los nutrimentos aportados en la producción de otras estructuras vegetativas, en este caso ramas terciarias. Esta condición explica la razón por la cual el sistema CS presentó un menor número de ramas terciarias totales al no estar bajo condiciones de insolación y al no tener un aporte extra de nutrientes.

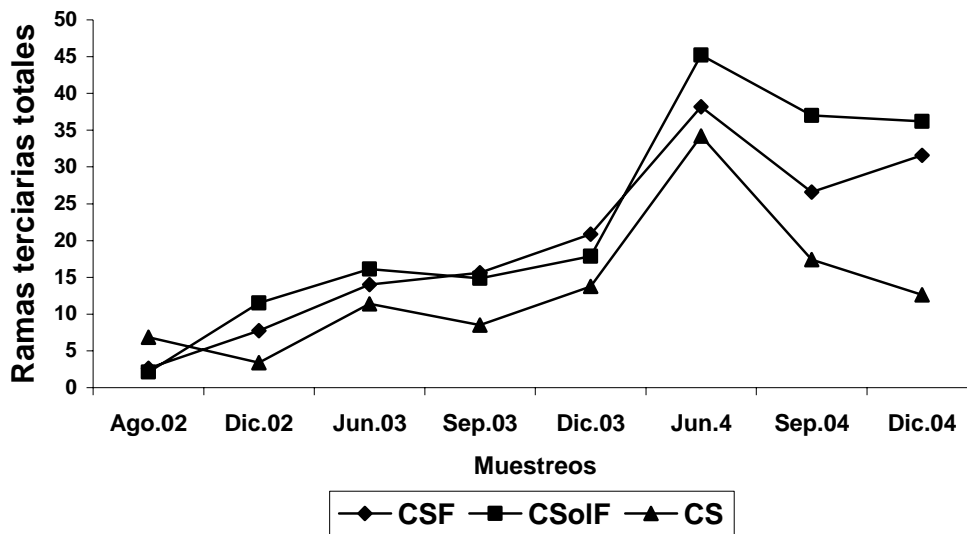


Figura 10. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### **3.2.4 Ramas primarias agotadas**

El número de ramas agotadas es un indicador del grado de desgaste y productividad de la planta. A medida que se incrementa el número de ramas agotadas se reduce la productividad (Castro y Díaz, 2004). Las bandolas primarias se agotan o mueren ya sea por enfermedad, cortes, déficit hídrico o nutricional y problemas fisiológicos que se presentan a lo largo de la vida de la planta de café.

Como se aprecia en la figura 11, a partir del tercer muestreo, el sistema que presenta el mayor número de ramas agotadas es Café con Sol y Fertilizante (CSolF), seguido de Café con Sombra Fertilizado (CSF) y Café con Sombra sin fertilizante (CS) que presentó el menor número de ramas primarias agotadas. Esta tendencia se mantuvo casi invariable durante toda la investigación, únicamente marcando una diferencia en junio de 2004, cuando CS presentó mayor número de ramas agotadas en comparación con CSF. Sin embargo, se puede afirmar que el sistema que presentó el mayor número de ramas primarias agotadas fue CSolF.

Con los resultados obtenidos se puede afirmar que los factores que influyen en el agotamiento de las ramas del cafeto son: la iluminación, que hace que la planta esté sometida a una mayor actividad fisiológica que ocasiona un acelerado desgaste en las estructuras productivas del cafeto y el suministro de fertilizantes químicos que son la causa de la diferencia entre el agotamiento de las plantas de los sistemas CSF y CS.

Las bandolas del cafeto presentan, en cada nudo, varias yemas; sin embargo, estas no brotan todas al mismo tiempo, lo hacen progresivamente en las diferentes producciones anuales. Cuando se hace un aporte de fertilizantes al suelo se induce a la planta a que acelere sus procesos metabólicos y, por consiguiente, ocurre el fenómeno de que la mayoría de las yemas broten en el

mismo año, con lo que la planta se desgasta más rápidamente y se produce la senescencia de las respectivas bandolas.

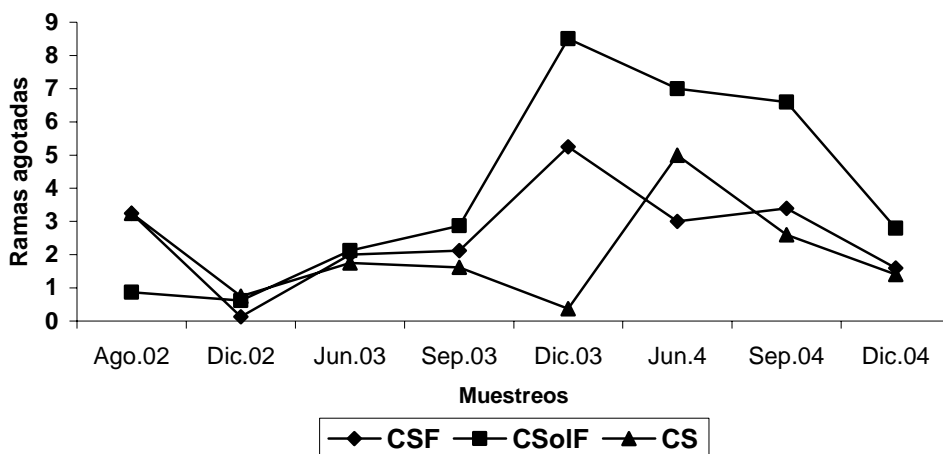


Figura 11. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### 3.2.5. Ramas primarias productivas

Los frutos de café se forman y se desarrollan en las ramas primarias, secundarias y terciarias; a medida que una planta de café presenta mayor número de ramas productivas se obtendrá un mayor rendimiento (Guevara, 1988). La cantidad de ramas productivas es un indicador de la producción (Salazar *et al.*, 1988).

El manejo que se les dio a los tres sistemas de café no tuvo efectos sobre el número de ramas primarias productivas durante los primeros cuatro muestreos. Solamente en los últimos muestreos, el sistema a pleno sol con fertilización (CSoIF) sufrió una reducción considerable en el número de ramas desarrolladas, mostrando una diferencia de 4,8 ramas entre el último y el primer muestreo. No obstante, los otros dos sistemas presentaron un incremento de 26,8 (CSF) y 20,9 (CS), ver figura 12.

La diferencia en el comportamiento de ramas primarias productivas mostradas por los tres sistemas de café se debe al microclima proporcionado por la sombra, que

ayuda a reducir el estrés y mejora la productividad en zonas de poca elevación. Fournier (1988b) señala que los cambios bruscos de temperatura repercuten en la fisiología de la planta y Muschler (1999) afirma que a pleno sol y elevaciones menores la productividad de las ramas es baja debido al estrés que sufren las plantas. Las plantas de café a pleno sol con suficiente agua y fertilización mejoran la estructura productiva pero las ramas se agotan rápidamente ya que los granos son producidos en las partes más jóvenes de la planta de café.

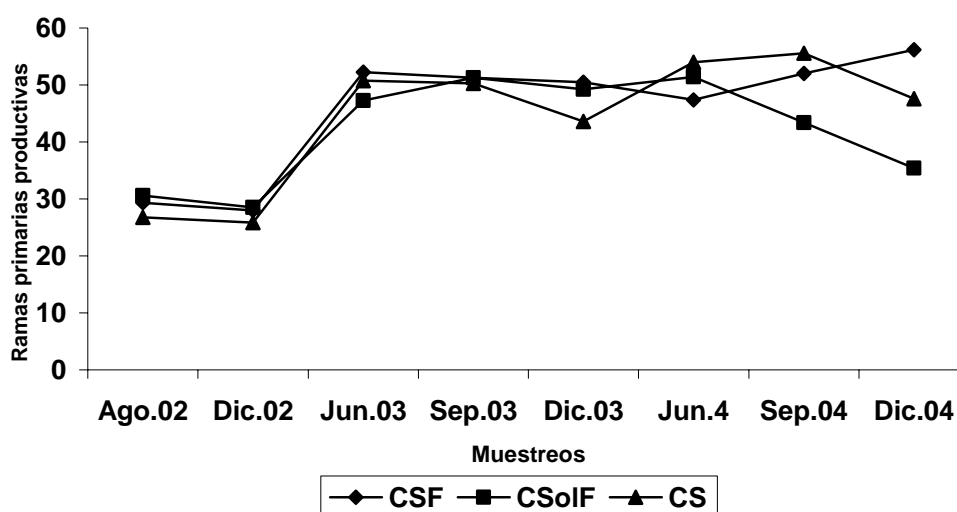


Figura 12. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias productivas en el tallo principal en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### 3.2.6. Ramas secundarias productivas

La capacidad productiva en las ramas primarias va disminuyendo en dependencia de la edad del cafeto y es por ello que la producción se traslada a las ramas de segundo orden o secundarias.

En la figura 13 se puede observar que para los meses de junio, septiembre y diciembre de 2003 el sistema a pleno sol con fertilización (CSolF) es el que obtuvo el mayor número de ramas secundarias productivas. En el mes de junio de 2004, el sistema bajo sombra sin fertilización (CS) obtuvo el mayor incremento en esta

variable. En septiembre de 2004 los sistemas CSF y CSOLF mostraron valores mayores al muestreo anterior.

Al finalizar el estudio, el sistema que obtuvo el mayor número de ramas secundarias productivas entre el primero y último muestreo fue el café bajo sombra con fertilización (CSF) con 41,3 ramas, seguido del sistema con sombra sin fertilizante (CS) con 36,1 y por último el sistema a pleno sol (CSOLF) con 26,4.

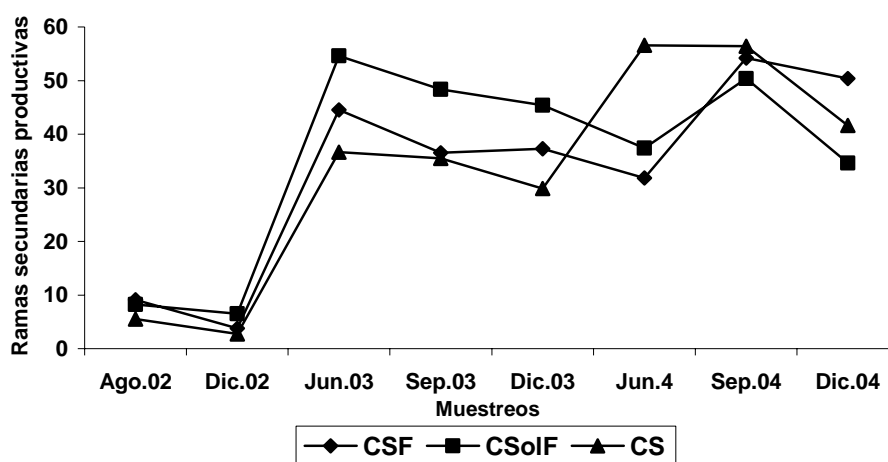


Figura 13. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

Con los resultados anteriores se puede afirmar que no hay efecto entre los tres sistemas de café evaluados y esto se debe al factor iluminación, ya que el café a pleno sol compensa su disminución en el desarrollo ortotrópico con un incremento plagiotrópico. La presencia de la sombra permite condiciones más homogéneas que hacen que el cafeto tenga un desarrollo lateral más constante y uniforme en el tiempo.

### 3.2.7. Ramas terciarias productivas

Cuando las ramas primarias y secundarias hayan cesado su producción debido al envejecimiento del cafeto, las ramas de tercer orden serán la zona de mayor productividad de la planta.

El sistema que obtuvo el mayor número de ramas terciarias productivas en los 8 muestreos realizados durante los tres años de estudio fue: café bajo sombra con fertilización (CSF) con 5,6 ramas seguido por el sistema de café a pleno sol (CSoIF) con 4,5 y por último el sistema de café con sombra sin fertilización obtuvo un crecimiento de solo 1,6 ramas (Figura, 14).

La respuesta a lo expresado anteriormente puede ser atribuida a la fertilización, dado que los dos sistemas fertilizados, independientemente de la sombra, presentaron el mayor crecimiento. En el sistema de café a pleno sol, esta situación se puede atribuir también a factores climáticos, como la iluminación, que ayuda a compensar el menor desarrollo en altura y ramas primarias produciendo ramas de tercer orden.

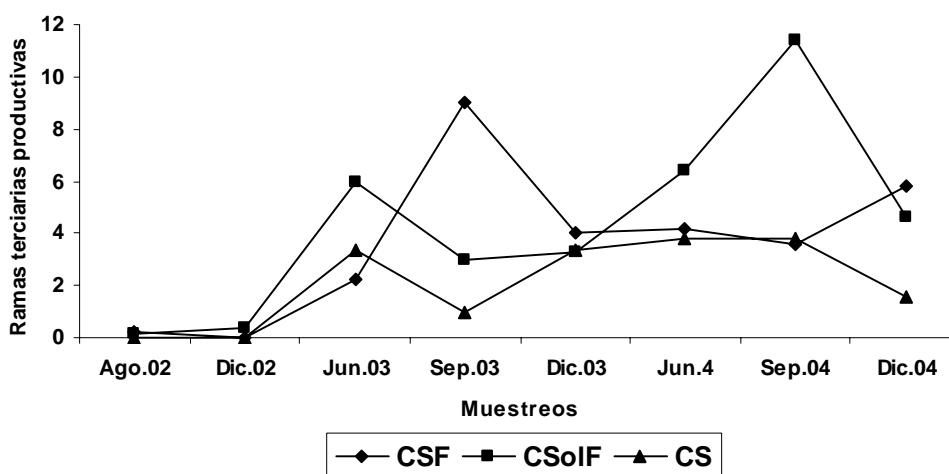


Figura 14. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

### 3.3. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca ( $\text{g. pta}^{-1}$ ) en las plantas de café

El crecimiento de las plantas está relacionado directamente con la acumulación de biomasa y es considerado como un proceso irreversible en el que los vegetales



aumentan de peso y tamaño. No obstante, el aumento de tamaño no indica que necesariamente ha habido un incremento en la cantidad acumulada de biomasa. Solamente se considera que esto ha ocurrido cuando se comprueba que se ha incrementado también el peso de la materia seca.

La acumulación de biomasa de los diferentes componentes de la planta está directamente relacionada con las características microclimáticas de la zona donde se encuentra el cultivo, con las condiciones de fertilidad de suelo y con los diferentes niveles de luminosidad o sombra a que esté expuesta la plantación.

### **3.3.1. Acumulación de biomasa en el sistema radicular**

En los resultados del muestreo realizado en agosto de 2002 y sometidos a la prueba de T de Student se encontró que la acumulación de biomasa en el sistema radicular; el sistema de café sin sombra acumuló mayor cantidad de biomasa (269.4 g/pta) que el sistema de café con sombra y fertilizante (215.8 g/pta); sin embargo, en junio de 2003 el café a pleno sol y fertilizante (748 g/pta) superó estadísticamente ( $Pr = 0.005$ ) al café con sombra sin fertilizante.

En septiembre de 2003 las plantas a pleno sol con fertilización acumularon más biomasa en las raíces (640 g/pta) que las plantas con sombra y fertilización ( $Pr = 0.003$ ).

En diciembre de 2003 y junio de 2004 no hubo diferencia en cuanto a la acumulación de biomasa en el sistema radicular entre los tres sistemas evaluados.

En septiembre y diciembre de 2004 la acumulación de biomasa en el sistema radicular fue mayor en las plantas de café con sombra y fertilización que en las plantas a pleno sol con fertilización. Los menores valores fueron encontrados en las plantas con sombra sin fertilizante. Entre CSF y CSolF se encontró diferencia significativa con un valor  $Pr = 0.027$ , entre CSF y CS  $Pr = 0.001$  y entre CSolF y

CS Pr = 0.009. En diciembre de 2004 se obtuvo diferencias en dos de las comparaciones: CSF vs. CS (Pr = 0.015) y CSolF vs. CS (Pr = 0.047).

Este comportamiento generalizado de mayor acumulación en el sistema café con sol y fertilizante, hasta diciembre de 2004, se debe a que una plantación expuesta al sol, por tener una fotosíntesis acelerada, tiene una mayor producción de sustancias de reserva que se distribuyen en los diferentes componentes de la planta. Otro elemento que tiene un efecto relevante en la acumulación de biomasa es la aplicación de fertilizantes. Se puede apreciar que existe una diferencia entre los promedios de acumulación de biomasa de los dos sistemas sombreados que difieren únicamente en la cantidad de fertilizante disponible en el suelo.

### **3.3.2. Acumulación de biomasa en el tallo de las plantas de café**

La cantidad de biomasa acumulada en el componente tallos, en 2002, solo mostró diferencia significativa en agosto al comparar café con sombra y fertilización vs. café a pleno sol con fertilización, donde la mayor acumulación fue para el sistema café a pleno sol. En diciembre no se encontró diferencia significativa al comparar las medias de las tres parcelas.

En junio de 2003 no se encontró diferencia significativa, pero si en septiembre al comparar CSF vs. CS (Pr = 0.028) y CSolF vs. CS (Pr = 0.045). La mayor acumulación fue para CSF y CSolF, respectivamente; mientras en diciembre de 2003 no fueron diferentes estadísticamente.

En el mes de junio de 2004 hubo diferencia entre CSF y CS encontrándose que la mayor acumulación de biomasa fue para CSF (923 g). En septiembre se encontró diferencia entre CSolF y CS, con una mayor acumulación para CSolF (870 g). En diciembre de 2004 no se encontró diferencia al comparar las medias de los tres tratamientos. La mayor acumulación se dio en las plantas con sombra sin

fertilización, seguida de las plantas a pleno sol y, por último, las plantas con sombra y fertilizante presentaron el valor más bajo (Figura 15).

### **3.3.3. Acumulación de biomasa en las ramas de la planta de café**

La acumulación de biomasa en el componente ramas no mostró diferencias significativas entre los tres sistemas estudiados en el año 2002. En junio de 2003 solamente se encontró diferencias entre CSolF y CS ( $Pr = 0.029$ ). La mayor acumulación la presentó CSolF (906 g). En septiembre de este mismo año los resultados fueron similares, con una mayor acumulación para CSolF (738 g). En diciembre no se encontró diferencias entre los tres sistemas.

En septiembre de 2004 solamente hubo diferencias entre CSolF vs. CS ( $Pr = 0.004$ ) presentando mayor acumulación CSolF (738 g). En diciembre de este mismo año se encontró diferencias entre CSF vs. CS, con mayor acumulación para CSF (1269 g) y CSolF vs. CS, con mayor acumulación para CSolF (906 g). en general los valores fueron similares hasta septiembre de 2003, notándose un incremento de la acumulación de biomasa en el sistema café con sombra y fertilizante desde diciembre de 2003 hasta diciembre de 2004.

### **3.3.4. Acumulación de biomasa en las hojas de la planta de café**

De agosto de 2002 hasta septiembre de 2003 no se encontraron diferencias significativas entre los tres sistemas. Las probabilidades estadísticas oscilaron entre 0.06 y 0.761, lo cual muestra que en este momento la sombra y el fertilizante aun no tenían ningún efecto significativo sobre dicha variable.

En diciembre solamente se encontró diferencias significativas al comparar los tratamientos café con sombra y fertilizante vs. café con sombra sin fertilizante ( $Pr = 0.011$ ). La mayor acumulación de biomasa en las hojas se encontró en café con sombra sin fertilizante con 582.3 g.

En junio de 2004 solamente se encontró diferencias significativa en las comparaciones de las medias de los tratamientos CSF vs. CS ( $Pr = 0.028$ ). La mayor acumulación fue para CSF con 856 g/pta de biomasa acumulada. En septiembre y diciembre de este mismo año no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las comparaciones. De junio a diciembre de 2004 se puede notar una disminución de la acumulación de la biomasa en las hojas del café con sombra sin fertilizante.

### **3.3.5. Acumulación de biomasa en los frutos de la planta de café**

La acumulación de biomasa en el componente frutos no mostró diferencias significativas en ninguna de las comparaciones realizadas en 2002.

En 2003 solamente se encontró diferencias en septiembre al comparar CSF vs. CSolF ( $Pr = 0.049$ ). La mayor acumulación de biomasa fue para CSolF (786 g). En el mes de diciembre no se encontró diferencia significativa en ninguna de las comparaciones realizadas.

En 2004 se encontró diferencias significativas al comparar CSolF vs. CS ( $Pr = 0.042$ ). La mayor acumulación la tuvo CSolF (395 g de biomasa). En diciembre de 2004 no se encontró diferencias significativas en ninguna de las comparaciones.

### **3.3.6. Acumulación de biomasa total por planta**

En 2002 solamente se obtuvo diferencias en agosto al comparar CSF vs. CS ( $Pr = 0.032$ ), lo que pone en evidencia que la acumulación de biomasa está estrechamente relacionada con la aplicación de fertilizantes ya que estas dos parcelas se cultivan bajo condiciones de sombra. En diciembre no se encontró diferencias significativas.

En 2003 se encontró diferencia significativa en el mes de septiembre entre los sistemas CSolF y CS, con una mayor acumulación en CSolF con 3128 g de biomasa. En los demás muestreos no se encontró ninguna diferencia estadística.

En junio de 2004 se encontró que la acumulación de biomasa es diferente estadísticamente entre los sistemas CSF y CS, acumulando mayor cantidad CSF (3614 g). En septiembre no se encontró diferencias significativas entre las medias de los tres sistemas.

En diciembre se encontró diferencias significativas entre los sistemas CSolF vs. CS, con mayor acumulación para CSolF con 3,766 g de biomasa (18.83 t/ha) y CSF vs. CS con mayor acumulación para CSF con 5,074 g (25.37 t/ha).

A partir de los datos del último muestreo (en diciembre de 2004) se deduce que la aplicación de fertilizantes influye en la cantidad de biomasa acumulada. Esto ha quedado demostrado por cuanto los resultados revelan que al comparar los dos tratamientos sombreados, el que ha sido sometido a la fertilización química ha tenido mayor acumulación de biomasa que el que no ha recibido ningún aporte extra de nutrientes.

Por otro lado, al comparar el tratamiento sombreado sin fertilización (CS) con el tratamiento a plena exposición solar (CSolF), se puede notar que existe un efecto combinado entre la luz solar y la fertilización sobre la acumulación total de biomasa. Sin embargo los sistemas se beneficiaron más de los fertilizantes que de la luz solar para la acumulación total de biomasa.

De agosto 2002 a diciembre 2003 no existe una tendencia clara del efecto de la sombra y el fertilizante; pero, de junio a diciembre de 2004 se puede observar (Figura 15) el efecto positivo del fertilizante en la mayor acumulación de biomasa total en la planta de café, donde las plantas con y sin sombra con fertilizante presentaron el mayor valor.

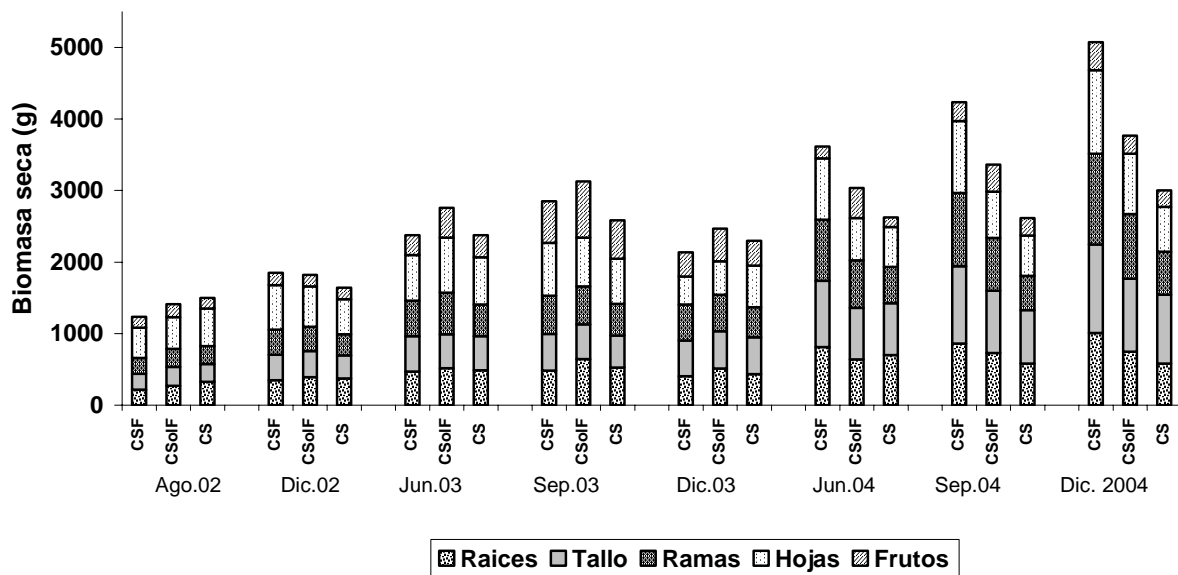


Figura 15. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca ( $g\ pt^{-1}$ ) en los componentes de la planta de café. Finca San Francisco.

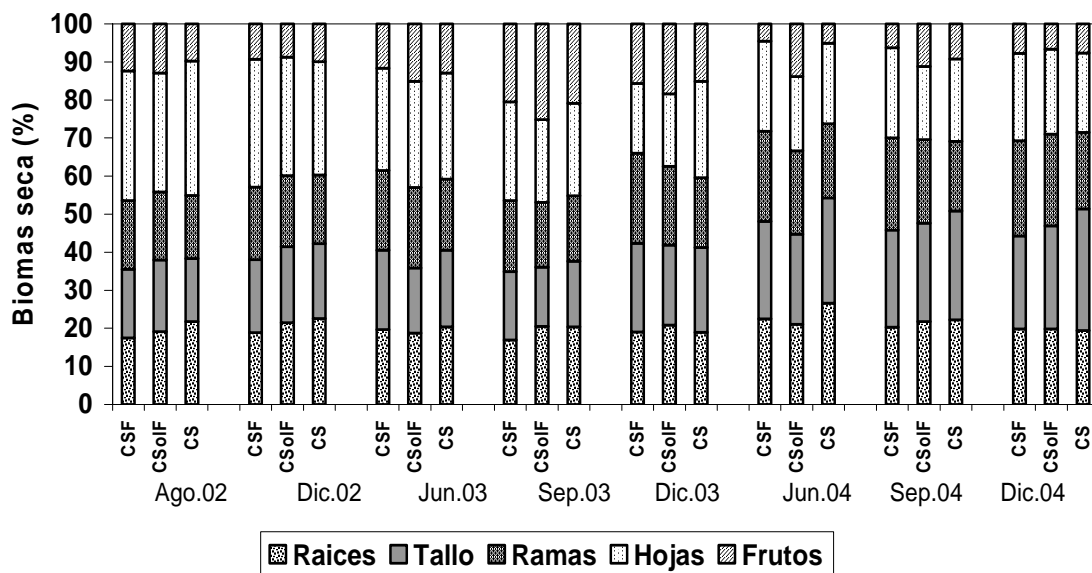


Figura 16. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (%) en la planta de café. Finca San Francisco. Carazo.

Al final del estudio el porcentaje de biomasa acumulada en algunos de los componentes de la planta de café fue diferente entre los tres sistemas evaluados. Como se observa en la Figura 16 los porcentajes son similares para las raíces y las hojas, pero difieren en los tallos y las ramas. Esto es importante si se toma en consideración que los tejidos con más cantidad de biomasa están más lignificados que los que acumulan menos y que la planta de café produce sobre tejido joven. En el último muestreo (diciembre de 2004) en el sistema CSF los valores obtenidos fueron, en las raíces: 19.82 %, en el tallo: 24.46 %, en las ramas: 25.01 %, en las hojas: 22.98 % y en los frutos: 7.73 %. En el sistema CSOLF los valores fueron, en las raíces: 19.87 %, en el tallo: 27.07 %; en las ramas: 24.07 %, en las hojas: 22.38 % y en los frutos: 6.62 %. En el sistema CS los valores son, en las raíces: 19.39 %, en el tallo: 32.01 %, en las ramas: 20.10 %, en las hojas: 20.85 % y en los frutos: 7.65 %. Sin embargo estos resultados no son valores constantes para todas las zonas o variedades, sino para la variedad Costa Rica 95 en la zona de San Marcos, Carazo, Nicaragua.

### **3.4. Efecto de los sistemas de manejo sobre la acumulación ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y comportamiento del nitrógeno en plantas de café.**

El nitrógeno es el elemento que el café requiere en mayor proporción para lograr su normal desarrollo (Henaó, 1982). Entre las funciones más importantes del nitrógeno se mencionan: forma parte de las moléculas de proteínas, es elemento constitutivo de los ácidos nucleicos responsables de la transferencia de la información genética y forma parte de la clorofila y de los citocromos (Carvajal, 1984).

El sistema que obtuvo la mayor acumulación de nitrógeno fue el café bajo sombra con fertilización (CSF), con  $327.42 \text{ kg ha}^{-1}$  de diferencia entre el último y el primer muestreo, seguido por el sistema a pleno sol (CSOLF) con  $192.38 \text{ kg ha}^{-1}$  y por último se encuentra el sistema de manejo con sombra sin fertilizantes (CS) con  $104.72 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Estos resultados contrastan con lo afirmado por Henao (1982) y Carelli y Fahl (2000), quienes estudiando el crecimiento y asimilación de nutrientes del cafeto al sol y bajo sombra, encontraron que en el primero se acumula más nitrógeno.

Las investigaciones de esos autores se enfocan sobre todo en plantas jóvenes y como se puede observar en la figura 17, en Junio, Septiembre y Diciembre 2003, la parcela que mostraba la máxima respuesta era la de pleno sol. Este comportamiento se debe, probablemente, a la cantidad de radiación solar que las plantas reciben y por tal razón trabajan más y absorben más nutrientes. Pero en junio, septiembre y diciembre de 2004 el sistema CSF obtuvo los mayores resultados los cuales se atribuyen a la combinación de sombra y el efecto del fertilizante que al acumular mayor cantidad de biomasa acumulará más nitrógeno. Las plantas con sombra sin fertilizante como acumularon menos biomasa acumulan menor cantidad de nitrógeno (Figura 17).

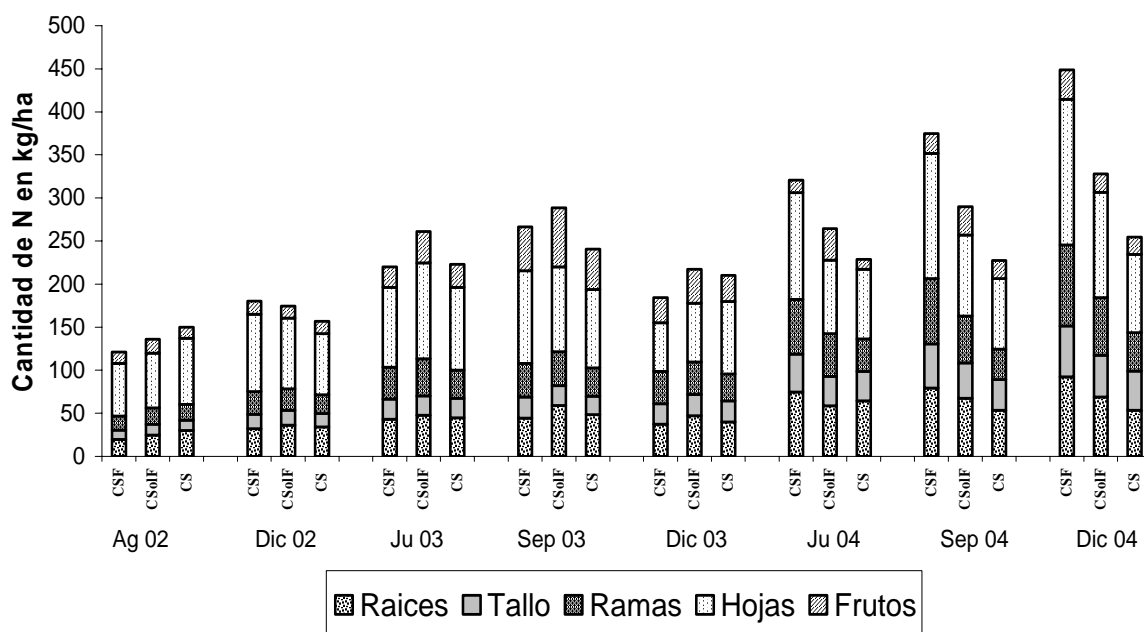


Figura 17. Efecto de la sombra y fertilización sobre la extracción de nitrógeno ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo. De agosto 2002 a junio 2004.

Los resultados de la concentración de nitrógeno por componente de la planta de café para los meses de agosto y Diciembre de 2002 (Figura 17) muestran que las



hojas acumularon la mayor cantidad de nitrógeno y que la menor acumulación ocurrió en los tallos.

Para los meses de junio, septiembre y diciembre de 2003 los componentes de la planta de café que acumularon la mayor cantidad de nitrógeno fueron las hojas, seguido de las raíces, frutos, ramas y por último el tallo.

En los últimos tres muestreos llevados a cabo en los meses de Junio, septiembre y Diciembre de 2004, las hojas siempre obtuvieron la mayor acumulación de nitrógeno y el tallo la menor.

En síntesis, la concentración de nitrógeno por componente de la planta durante el transcurso de la investigación demuestra que las hojas son el órgano de mayor concentración con valores porcentual entre uno 30% y 51% del contenido total de nitrógeno; no obstante en el tallo es donde se acumulan las menores cantidades, entre el 7% y 17% del contenido total de nitrógeno.

Los resultados muestran que donde se realizan casi la totalidad de los procesos fisiológicos de fotosíntesis y respiración (hojas), se concentran los mayores porcentajes de nitrógeno. En el tallo la concentración de nitrógeno está relacionada con la constitución del tejido vegetal, el cual está lignificado que los demás órganos de la planta.

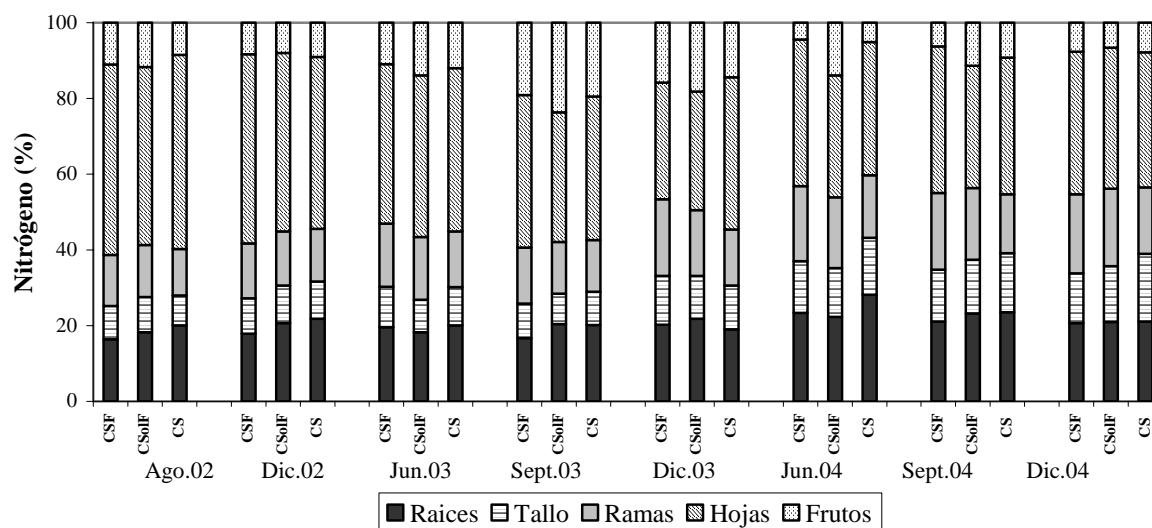


Figura 18. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución (%) del nitrógeno en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

Los resultados anteriores coinciden con los de de Segura (1994a) quien encontró que los cafetos cultivados bajo sombra regulada y bajo tres diferentes niveles de fertilización las hojas presentaron el mayor porcentaje de nitrógeno. Chávez y Molina (2000) al evaluar la extracción de nitrógeno en dos cultivares de café Costa Rica 95 y Catuai cultivados a plena explosión solar encontraron que la mayor concentración de nitrógeno se encuentra en las hojas y la menor en los tallos.

En el último muestreo (diciembre de 2004) el porcentaje de nitrógeno acumulado en algunos de los componentes de la planta de café presentó una tendencia similar al comportamiento de la acumulación de biomasa. Como se observa en la Figura 18 los valores en porcentaje de nitrógeno obtenidos fueron, raíces: 20.63 %, tallo: 13.14 %, ramas: 20.93 %, hojas: 37.69 % y frutos: 7.61 %. En el sistema CSOLF los valores fueron, raíces: 20.97, tallo: 14.75 %; ramas: 20.44 %, hojas: 37.3 % y frutos: 6.61 %. En el sistema CS los valores son, raíces: 21.03 %, tallo: 17.93 %, ramas: 17.54 %, hojas: 36.65 % y frutos: 7.85 %. Estos resultados no son

valores constantes para todas las zonas o variedades, sino para la variedad Costa Rica 95 en la zona de San Marcos, Carazo, Nicaragua.

### **3.5. Efecto de los sistemas de manejo sobre el rendimiento (kg de café oro ha<sup>-1</sup>)**

El rendimiento del café es una variable de tipo cuantitativo que tiene gran importancia económica para los productores de café. El potencial productivo está en dependencia de las variedades de café así como de las condiciones edafoclimáticas y el tipo de manejo que se le brinde al cultivo.

El cafeto está sometido a una alternancia de producción y el período de plena productividad es más o menos largo ya que su duración está influenciada por numerosos factores: medio ecológico, métodos de cultivo, estado sanitario y cuidados (Coste, 1969). La interrelación entre componentes genéticos, ambientales y de manejo influye en la fenología y en las modificaciones que muestran las plantas de café durante su vida (Jaramillo y Valencia, 1980).

Para el ciclo de producción 2004/05 el sistema que obtuvo el mayor rendimiento fue café sombra si fertilizar (CS) con 2248.83 kg ha<sup>-1</sup> seguido por el sistema de café a pleno sol fertilizado (CSolF) con 2093.15 kg ha<sup>-1</sup> y por último se encontraba el sistema de café con sombra fertilizado (CSF) con 1839 kg ha<sup>-1</sup>. En el ciclo 2005/06 el sistema CS siempre mantuvo el primer lugar con un rendimiento de 2275.4 kg ha<sup>-1</sup> seguido del sistema CSF con 2170.73 kg ha<sup>-1</sup> y el menor rendimiento se obtuvo en el sistema CSolF con 1693.7 kg ha<sup>-1</sup>.

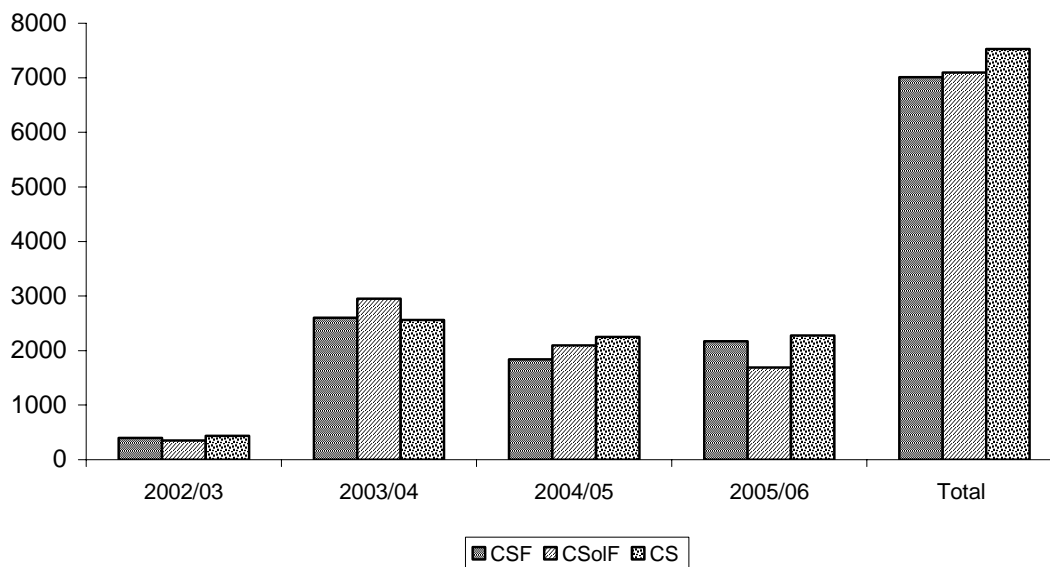


Figura19. Efecto de los sistemas sombra, sol y fertilización sobre el rendimiento (Kg oro ha<sup>-1</sup>) en cafetos. Finca San Francisco. San marcos, Carazo. Ciclo 2004/05 y 2005/06.

Como se observa en la figura 19 el café bajo sombra sin fertilización (CS), presenta los mayores rendimientos en los dos ciclos de producción; esto podría ser debido al hecho que la sombra crea condiciones adecuadas para el buen desarrollo del café. Pero no se puede afirmar con seguridad que la sombra tenga un efecto prioritario sobre la producción.

La cantidad de biomasa acumulada en la planta y su distribución en los diferentes componentes influyen en el rendimiento. En el sistema CS, que obtuvo el mayor rendimiento en los ciclos 2004/2005 y 2005/2006, la cantidad de biomasa acumulada en las ramas fue menor que en los otros sistemas hasta diciembre de 2004 (Figura 15). Esto muestra que las ramas al contener más biomasa se encuentran en un estado más avanzado de lignificación el cual afecta de manera negativa a la producción ya que esta ocurre en las ramas más jóvenes y menos lignificadas.

Para los sistemas CSF y CsoIF, es conocido que la fertilización estimula la brotación de yemas, por lo que en poco tiempo se habrán agotado todas las yemas de la misma bandola, lo que provoca un agotamiento acelerado en esta, culminando con su muerte. No ocurre lo mismo en CS, ya que al no estar fertilizado las yemas brotarán escalonadamente, permitiendo que la bandola produzca un mayor número de años.

Grandes aplicaciones de fertilizantes realizadas en años anteriores al 2002 pueden ser una causa de la acumulación de grandes cantidades de nutrientes en el suelo y que han sido suficientes para mantener la producción de café oro en los últimos tres años. Otra posibilidad es que, de acuerdo con los estudios de nitratos y nitritos en el mismo ensayo, en el café con sombra sin fertilizantes hay mayor estabilidad en el contenido de nitratos; no así en café a pleno sol y en café con sombra y fertilizante donde el contenido de nitratos en la época lluviosa presenta una gran fluctuación.

En cuanto al rendimiento, los resultados revelaron que los frutos del sistema a pleno sol por ser más tuvieron menor peso que los de los dos sistemas bajo sombra. Debido a este fenómeno se explica que hay un mayor rendimiento en CS y CSF en comparación con el sistema a pleno sol (Ver Tabla 7). Entre los dos sistemas de sombra el que no recibió aporte de fertilizante químico obtuvo mayor rendimiento. Esto concuerda con estudios publicados por ANACAFE (2003) que señalan que en plantaciones con 30% de sombra los sistemas sin fertilizantes superan en rendimiento a los fertilizados.

Estos resultados fortalecen lo que afirma Segura (1994b), es posible que la planta de café a la sombra no solo se beneficie nutricionalmente de los árboles de sombra, sino también de una condición más favorable desde el punto de vista fotosintético, para obtener una mayor producción de frutos cuando el café se establezca a altitudes menores.

También el café a pleno sol presentó el mayor número de frutos flotantes, frutos secos y frutos brocados por lo que la cantidad de frutos necesarios para obtener un kg oro incrementa.

Se puede notar (Figura 19) que el sistema CSolF obtuvo su mayor rendimiento en el ciclo 2003/04 y a partir de ese momento empezó a descender debido al efecto desgastador de la exposición a la luz solar. No obstante, este es el sistema que se encuentra en segundo lugar en rendimiento total acumulado, después de CS. El sistema CS, también tuvo este mismo comportamiento de descenso a partir del ciclo 2004/05, pero como su rendimiento fue mayor en los ciclos 2004/05 y 2005/06, presenta un rendimiento total acumulado mayor que CSolF y CSF.

Tabla 7. Requerimiento de café uva para obtener 100 libras oro (promedio de dos cosechas) ciclo 2005/2006, Finca San Francisco, San Marcos, Carazo.

<b>Sistema</b>	<b>Libras de café uva para 100 libras oro oro</b>	<b>kg de café uva para 100 kg oro</b>
CSF	639.60	1421.33
CSolF	682.50	1516.66
CS	614.76	1366.13

### **3.6. Influencia del sol, sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas y organolépticas del grano de café**

Para enfrentar la crisis cafetalera que en la actualidad está afectando a Nicaragua y muchos países del mundo, la mejor defensa se encuentra en la calidad y demanda de cafés diferenciados ya que el consumo de café de alta calidad está aumentando y al mismo tiempo existe un suministro bajo del mismo. Según Katzeff (2001) estos incluyen productos certificados orgánicos, producidos bajo sombra, amigables con los pájaros y en la línea del comercio justo.

La calidad del café esta en dependencia de la especie botánica, bondad de la naturaleza (suelo, clima, altura, etc.), los métodos del cultivo, los procedimientos del café en la finca, los procedimientos del café en el beneficio, la clasificación en el beneficio seco y las condiciones de almacenaje y transporte (Katzeff, 2001; Rodas, 1996; Mejía y Robles, 1993; Wintgens y Xalapa, 1992). Para clasificar un café es de suma importancia conocer sus características físicas y organolépticas.

### **3.6.1. Características físicas**

La calidad del grano de café esta determinada por una serie de características físicas las cuales comprenden el tamaño, humedad, aspecto, tostado y defectos de los granos.

El tamaño está indicado por el ancho y espesor del grano y se mide en cribas con medidas en 1/64", que es igual a 0,3968 mm, con perforaciones redondas: el grano retenido del 18-20 es grande, del 15-17 mediano y del 12-14/64" es pequeño.

La humedad es el contenido de agua libre presente en el grano de café; el aspecto o apariencia del grano en oro es la cualidad del aspecto físico, expresada en uniformidad de color; el tostado es la cualidad del aspecto físico, expresada en dureza del grano, brillantez y porcentajes de granos verdes; y los defectos que son los granos concha, mordidos, brocados, recalentados, fermentados, ranciados, sin lavar, blanqueados, verdes, negros y cereza.

En las cosechas de los ciclos 2004/05 y 2005/06 se sumó el tamaño de las diferentes cosechas de cada año y se calculó el promedio para cada sistema de manejo.

La humedad de los granos fue variable ya que esta no depende de los sistemas de manejo, sino del tratamiento del secado que se le brinda al grano, de las personas que realizan la labor y de las condiciones climáticas presentes al momento de la acción.

En los resultados del análisis de los defectos del grano para la cosecha del ciclo agrícola 2005/06 se puede apreciar que CSolF presentó el mayor porcentaje con 1.36% seguido de CS con 1.03% y por último el sistema CSF con 0.83% (ver figura 20). Estos resultados se deben a que en el sistema CSolF se encontró el mayor porcentaje de flotación que incluyen granos brocados, granos secos y otros defectos que perjudican la calidad final del café.

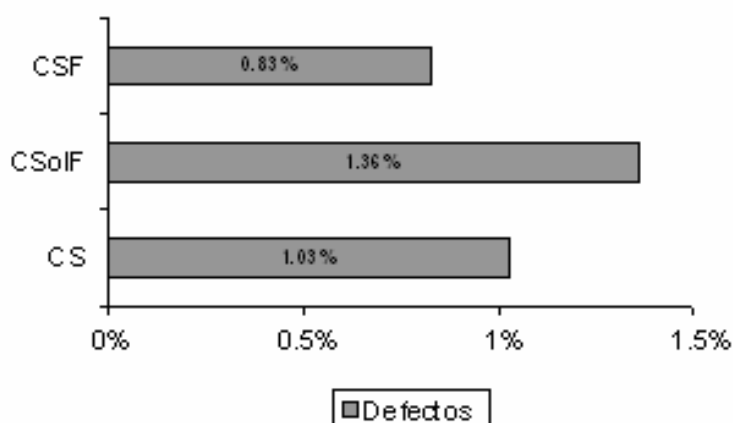


Figura 20. Efecto de la sombra y fertilización sobre el porcentaje de defectos de los granos de café en el ciclo agrícola 2005/06. CERCAFENIC.

Para el tamaño de grano, se encontró que para el ciclo de producción 2004/05 el sistema CSolF obtuvo un porcentaje 85.04% de granos con calibres entre 16 y 20/64" (granos medianos y grandes) superando al sistema CS con 83.24% y CSF con 82.49%. Para el ciclo 2005/06 no hubo mucha diferencia entre los tres sistemas de manejo pero si se observó una disminución de tamaño en comparación con el ciclo anterior, ver figura 21.



Pilati (2005) señala que el momento de cosecha influye en el tamaño de los granos. En los meses de noviembre y diciembre siempre se obtuvo el mayor porcentaje entre 16 y el 20/64". Se tiene que precisar que el corte pleno (llamado también segundo pase), se realiza desde noviembre hasta enero y en este período se cosecha aproximadamente un 70% de la producción.

No obstante autores como, Fernández y Muschler (1999) junto con otros actores confirman el efecto de la sombra sobre la obtención de mayores porcentajes de frutos de buen tamaño de la clase de exportación.

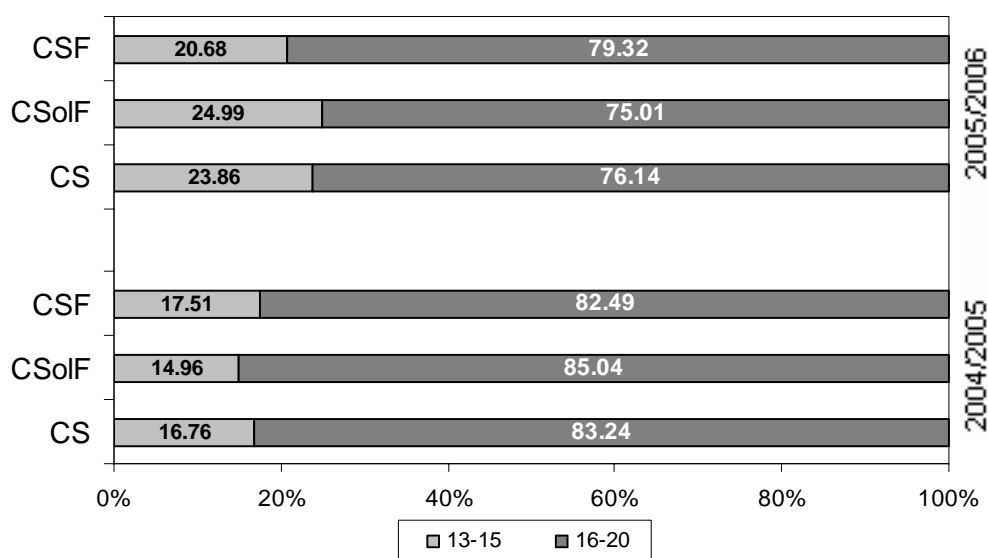


Figura 21. Efecto de la sombra y fertilización sobre el tamaño de los granos de café (promedio de cada cosecha anual) de acuerdo al calibre que presentaron. Ciclos 2004/05 y 2005/06. CERCAFENIC.

El aspecto o apariencia del grano oro desmejoró con respecto al ciclo anterior pasando de "regular" a "blaqueado/disparejo" independientemente del tratamiento. Su causa pudo haber sido un beneficiado inadecuado lo que contribuyó a disminuir su apariencia.

El tostado presentó una mejora en comparación al año anterior, pasando de “regular” a “bueno” y “bueno/regular”, esto para los tratamientos bajo sombra, en cambio, el sistema CSolF aunque pasó de “regular” a “bueno/regular” en el primer corte del ciclo 2005/06 descendió a “regular” en la segundo corte. No obstante, la cosecha influye sobre la calidad del tostado, porque las recolectas de los meses de noviembre, diciembre y enero, que son las más abundantes, tuvieron la mejor respuesta en término de apariencia del tostado.

Tabla 8 - Efecto de la sombra, fertilización y número de cosecha sobre el aspecto y la apariencia de tostado del grano de café. CERCAFENIC.

Año	Número de corte	CSF		CSolF		CS	
		Aspecto	Tostado	Aspecto	Tostado	Aspecto	Tostado
2004/05	Cosecha 1	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	Cosecha 2	Regular	Regular	Bueno,/ Regular	Regular	Regular	Regular
2005/06	Cosecha 1	Blanqueado/ Disparejo	Bueno	Blanqueado/ Disparejo	Bueno/ Regular	Blanqueado/ Disparejo	Bueno/ Regular
	Cosecha 2	Blanqueado/ Disparejo	Bueno/ Regular	Blanqueado/ Disparejo	Regular	Blanqueado/ Disparejo	Bueno/ Regular

### 3.6.2. Características organolépticas

Las características organolépticas para determinar la calidad del café están dadas por el aroma, acidez, cuerpo, licor y taza las cuales se conocen al oler y saborear la infusión. Esta es la fase de calificación donde es más importante la habilidad personal y experiencia del catador.

Las particularidades aromáticas y gustativas del café son establecidas en apreciaciones sensoriales al oler y sorber la infusión y se determina su calidad mediante la valorización cualitativa del aroma, cuerpo y acidez.

El aroma: es la primera calidad que el catador percibe, es una expresión de las sustancias volátiles de la infusión. La acidez es la cualidad relacionada al contenido de ácidos en el grano oro, resultado del metabolismo de azúcares

durante la maduración del fruto. Katzeff (2001) afirma que la acidez permite percibir todas las demás características, pero también es cierto que puede arruinar un café. Pero la acidez debe ser acompañada de sabor, entre más acidez tenga el café, más sabor necesita. El cuerpo es la cualidad de la taza relacionada con los sólidos solubles en la infusión y mejora con la altura y la maduración del fruto. Para lograr evaluar el cuerpo del café se tiene que pasear la bebida por la boca y con la lengua subir hasta tocar el paladar, una sensación resbaladiza indica la cantidad de grasa mientras el espesor indica fibras y proteínas (Barreto, 2002). El licor, es la conjugación del cuerpo, la acidez y la fineza de la infusión.

La calidad del café está en dependencia de la zona de cultivación. En Nicaragua el café presenta algunas variantes entre las diferentes regiones, ya que existen plantaciones a diferentes alturas sobre el nivel del mar que producen frutos con ciertas diferencias en cuanto a las características físicas y organolépticas. Está demostrado que a mayores alturas (pero con cierto límite) se obtiene café de mejor calidad que en zonas de menor altura donde las características climáticas pueden ser un factor limitante para la producción.

Cuando el grano entra en la etapa del procesamiento industrial, numerosos factores intervienen en la calidad de la bebida. En esta etapa el gusto de los consumidores se manifiesta en forma clara. Hay personas que prefieren cafés más tostados o con menor acidez, hay grupos de la población de muchos países que piden descafeinado o soluble, todo está en dependencia del sector de mercado que demanda este producto.

Los resultados de los análisis de las características organolépticas realizados a los tres sistemas evaluados demuestran que existen variaciones en cuanto al tipo y la calidad del café en dependencia del sistema de manejo y del número de la cosecha.

Durante el ciclo 2004/05 no se encontró diferencias en las características organolépticas del café entre los tres sistemas. Los resultados revelan que la calidad encontrada corresponde a café Lavado Matagalpa/Jinotega, el tipo es SHG (estrictamente de altura) y la taza OK. En cuanto a la acidez, los resultados coinciden en que es regular para todos los sistemas.

Para 2005/2006 los resultados son un poco diferentes a los del ciclo anterior. Los cafés obtenidos durante este periodo corresponden a las calidades GW (Good Washed) o Café Lavado Nicaragua y SHG (Strictly High Grown) o Café Lavado Matagalpa/Jinotega, respectivamente. La calificación GW se encuentra dentro de los rangos normales para esta zona del pacífico de Nicaragua y, en comparación con el café Lavado Matagalpa/Jinotega, representa una calidad inferior.

En este mismo ciclo (2005/06) la calidad es diferente entre la primera cosecha y la segunda en el sistema café con sombra y fertilizante, encontrando que en la primera se obtuvo café GW (Lavado Nicaragua) y en la segunda se obtuvo café SHG (Lavado Matagalpa/Jinotega). En el caso del sistema café con sol y fertilizante no hubo diferencias entre las dos cosechas encontrándose una calidad GW o Lavado Nicaragua. En el sistema café con sombra sin fertilizante se obtuvieron resultados similares a los de café con sombra y fertilizante.

Las dos parcelas cultivadas bajo sombra han presentado los mejores resultados durante los dos últimos ciclos ya que en 2004/05 obtuvieron la misma calidad (Lavado Matagalpa/Jinotega) en las dos cosechas. No ocurrió lo mismo en el ciclo 2005/06, en el que se obtuvieron calidades diferentes en ambas cosechas, siendo la primera GW y la segunda SHG; sin embargo, se observa la tendencia a producir un café de mejor calidad cuando se cultiva bajo condiciones de sombra controlada. Para el sistema CSolF solo se obtuvo café Lavado Nicaragua en las dos cosechas. La segunda cosecha tiende a producir un café de mejor calidad.

Este comportamiento mostrado por los diferentes sistemas de manejo agronómico estudiados revela que existe un efecto combinado de la sombra y la fertilización. Estos dos factores son determinantes de la calidad del café ya que la fertilización ayuda a que la planta, al no sufrir deficiencias nutricionales, mantenga un funcionamiento más normal en comparación con plantas que no encuentren en el suelo los elementos minerales necesarios para su correcto desempeño fisiológico.

La sombra, por su parte, tiene un efecto moderador sobre la cantidad de la producción y, a la vez, crea un microclima favorable que sumado a las características climáticas propias de la zona proporcionan a la planta de café mejores condiciones de ambiente físico que permiten obtener un café de calidad superior. La sombra es un factor más importante para la calidad que la fertilización, ya que la parcela que recibió fertilizantes y se cultivó a pleno sol produjo café de calidad inferior en más cosechas que las dos parcelas sombreadas.

De lo anterior se deduce que el café de la zona donde se realizó el presente estudio puede competir fácilmente, en cuanto a calidad, con el café de altura producido en las regiones cafetaleras de Matagalpa y Jinotega siempre y cuando se tengan en consideración estos aspectos de manejo agronómico como son la sombra adecuada y el nivel óptimo de fertilización.

Tabla 9. Características organolépticas del café en las dos cosechas evaluadas de los ciclos cafetaleros 2004/2005 y 2005/2006.

Ciclo	Lote	Gusto de la taza					Calidad
		Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza	
2004/05	CSF	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK	SHG
	CSolF	Regular	Regular	Regular	Regular	OK	SHG
	CS	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK	SHG
2005/06	CSF	Bueno	Regular	Bueno Bueno/Regular	Regular	OK	GW SHG
	CSolF	Bueno Regular	Regular	Bueno/Regular Regular	Regular	OK Q/2	GW
	CS	Bueno	Bueno/Regular	Bueno/Regular Bueno	Regular	OK	GW SHG

GW = Good washed o café lavado Nicaragua

SHG = Strictly High Grown o café lavado Matagalpa/Jinotega

#### IV. CONCLUSIONES

Después de haber conducido y analizado en detalle cada una de las variables se llegó al siguiente análisis:

- El sistema café bajo sombra fertilizado (CSF) presentó el mayor crecimiento en altura, mayor proyección de copa, mayor número de nudos totales, mayor número de ramas primarias totales, ramas secundarias totales, mayor número de ramas productivas primarias, secundarias y terciarias.
- El sistema de café a pleno sol fertilizado (CSolF) presentó el mayor diámetro del tallo, mayor número de ramas terciarias totales así como la mayor cantidad de ramas agotadas.
- El componente de la planta que acumuló la mayor cantidad de biomasa seca y nitrógeno fue las hojas; el que acumuló menos biomasa seca fue los frutos y el que presentó la menor cantidad de nitrógeno fue el tallo en los tres sistemas y diferentes fechas de muestreo.
- Los mayores rendimientos en los ciclos 2004/2005 y 2005/2006 se presentaron en el sistema de café bajo sombra sin fertilizante (CS), en cambio, en los sistemas fertilizados (CSF y CSolF) los rendimientos fueron menores debido a un mayor desgaste fisiológico en sus estructura productiva.
- El mayor rendimiento de café, acumulado durante todo el estudio lo presentó café con sombra sin fertilizar (CS) con  $7526.23 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido del sistema café a pleno sol fertilizado (CSolF) con  $7093.85 \text{ kg ha}^{-1}$  y por ultimo café con sombra fertilizado (CSF) con  $7010.1 \text{ kg ha}^{-1}$ .

- Los cafés con sombra, con y sin fertilizante, en el ciclo agrícola 2005/2006, presentaron una calidad café lavado Nicaragua y lavado Matagalpa/Jinotega (SHG) para la primera y para la segunda cosecha, respectivamente; no así en el café a pleno sol donde se encontró la calidad de café lavado Nicaragua (GW) en ambas cosechas.



## V. RECOMENDACIONES

1. Evaluar los niveles de sombra y fertilización adecuados que permitan a la plantación producir un café con un rendimiento aceptable y buena calidad. Así mismo, estudiar el efecto de la distancia entre el árbol de sombra y el cafeto.
2. Repetir este estudio en zonas cafetaleras con mayor altitud y con diferentes condiciones climáticas.
3. Realizar investigaciones similares tomando variables mas precisas que se relacionen con el rendimiento como área foliar, radiación fotosintética activa (RAFA), número de nudos productivos en las ramas y número de frutos por nudo productivo.
4. Realizar el beneficiado del café tomando en cuenta todas las medidas necesarias para mantener la calidad del grano obtenida durante todo el proceso productivo y la cosecha.
5. No mezclar el café oro de las diferentes cosechas ya que las calidades física y organoléptica son diferentes.
6. Tomar en cuenta los estudios realizados en este mismo ensayo, como dinámica de nitratos en el suelo y caída y descomposición de la hojarasca, para soportar mejor los datos de crecimiento y rendimiento del café.

## Referencias Bibliográficas

Aguilar, G. 1995. Variedad Costa Rica 95. ICAFE. 1ra Edición. San José, Costa Rica. 30 pp.

Alvim, P. de T. 1962. Fisiología del Cafeto. Vida Agrícola. Perú V. 39. p 633-647

ANACAFE. 1998. Manual de caficultura. 3era. Edición Guatemala. 317 pp.

ANACAFE. 2003. Investigaciones y Descubrimientos sobre el cultivo del café. p 211-217.

Arias, S. G; M. O. Arias; Z. G. y Gutiérrez. 1976. Relaciones entre las características morfológicas y la producción en cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.). MAG-UCR. Costa Rica. 2 pp.

Barreto M, C. 2002. Investigación y Desarrollo. Catación. Exportadora Nicaragüense del Café S. A. ENICASA. Matagalpa, Nicaragua. 22 p.

Bertrand, B; G. Aguilar; R. Santacreo; F. Anzuelo. 1999. El mejoramiento genético en América Central. *En*. Bertrand, B; Rapidel, B. *Eds.* Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA. p 407-456

Blanco, N. M. 1984. Cultivos Industriales. El café. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 209 pp.

- Briceño, J. O y O. E. Arias. 1992. Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) I. Crecimiento vegetativo y reproductivo de tres cultivares. *Agronomía Costarricense* 16 (1) p 125-130.
- Carelli, M. L. y J. I. Fahl. 2002. Crecimiento y asimilación de carbono y nitrógeno en plantas jóvenes de *Coffea* en condiciones de sol y sombra. En XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. Costa Rica. pp 101-108.
- Carvajal, J. F. 1984. Cafeto-Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. 2da. Edición. Berna, Suiza. 254 pp.
- Castro Brenes J. E. y Díaz Valle D. C., Managua 2004. Evaluación de tres sistemas de manejo sobre el crecimiento, estructura productiva y calidad del café (*Coffea arabica* L.) Vr. Costa rica 95. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua.
- Chávez, A. V. y E. Molina. 2000. Extracción de nitrógeno en dos cultivares de café en Costa Rica. *En* XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. Costa Rica. p 155-165
- Coste, R. 1969. El Café. Primera Edición. San José, Costa Rica. 285 pp
- Coste, R. 1969. El Café. Primera edición. San José, Costa Rica 285 p.
- Fernández, C. E. y R. G. Muschler. 1999 Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivos de café en América Central. *En*: Bertrand, B; Rapidel, B. *Eds.* Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA. p 69-96
- Fournier, L. A. 1988a. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o la sombra Un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12 (1): p 13, 146.

- Fournier, L. A. 1988b. Fundamentos ecomorfofisiológicos de importancia en la nutrición mineral del cafeto. *En Curso Regional Sobre nutrición mineral del café*. IICA/PROMECAFE. San José, Costa Rica. p 1-23
- Guevara, B. E. 1988 Periodicidad de la absorción de nutrientes y su efecto sobre el desarrollo y la productividad del cafeto. *En Curso Regional Sobre nutrición mineral del café*. IICA/PROMECAFE. San José, Costa Rica. p 39-54
- Henao, J. J. 1982. El café en Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 1ra Edición. Caracas, Venezuela. 288 pp.
- ISIC. 1977. Manual Técnico del Cultivo del Café en El Salvador. Fondo Especial de Desarrollo. Nicaragua. 201 pp.
- Jaramillo R. A. y Valencia A. G. 1980. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchina, Colombia. CENICAFE (Colombia) 31 (4): p 127, 141
- Katzeff, P., 2001. *"The coffee cuppers' manifesto. First edition"*. Thanksgiving coffee company. California, USA, 84 pp.
- Laboratorio de Suelos y Aguas. 2002. Análisis físico y químico de suelos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2 p.
- Larcher, W. 1997. Ecofisiología vegetal. 1ra. Edición. Barcelona, España.
- MAG-FOR. 2005. Evaluación de ciclo agrícola 2004/2005. Managua, Nicaragua. 25 pp.
- Marín, C. E. 1990. Estudios Agroecológicos y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario Región IV. MAG. Nicaragua. 242 pp.

Mejía, A. E. y Robles, G. La calidad del café. Fisiología de los cultivo.  
CATIE.

Muschler, R. G. 1999. Sombra o Sol para un café sostenible: un enfoque de  
una vieja discusión. Boletín PROMECAFE 81. p 14-16

Nosti, N. J. 1969. Cacao y Café. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 698 p

Pilati, A. 2005. Evaluación de tres diferentes tipologías de manejo agronómico  
sobre la estructura de crecimiento, productividad y calidad del café (*Coffea  
arabica* L.) en la zona del pacifico sur de Nicaragua. Tesis de Licenciatura.  
Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua

Ramírez, J. E. 1996. Poda y Manejo de *Coffea arabica* L. 1ra. Edición. Heredia,  
Costa Rica. 60 pp.

Rodas, R. C, 1996. Control de la calidad del café. Encuentro Intercontinental de  
Agroecología. México, pp. 21.

Salazar, A. J; C. F. Orozco; P. J. Clavijo. 1988. Características morfológicas,  
productivas y componentes del rendimiento de dos variedades de café:  
Colombia y Caturra. CENICAFE (Colombia) p 39 (2): 43-60.

Segura, M. A. 1994a. Cuantificación del aporte de nutrimentos y de materia  
seca del material de poda de cafetos abonados con dos programas de  
fertilización. Informe anual de labores 1993. Convenio ICAFE-MAG.  
Heredia, Costa Rica. p 17-21

Segura, M. A. 1994b. Cuantificación del aporte de materia seca y nutrimentos del material de poda en cafetales al sol y bajo sombra regulada. Informe anual de labores 1993. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. p 11-16

Suárez de Castro, F.; L. Montenegro; C. Aviles; M. Moreno; M. Bolaños. 1961. Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. *Café de El Salvador*. V.31 .El Salvador. p 17-350

UNICAFE-CERCAFENIC. 2006. Análisis de aspectos físicos y organolépticos de granos de café. Managua, Nicaragua.

Wintgens, J. N, Xalapa 1992. Factores que influyen la calidad del café. En: XV Simposio Latinoamericano de caficultora. IICA/PROMECAFE. México, pp.32.

Zamora, Q. L. 1998. Manual de Recomendaciones para el cultivo del Café. ICAFE. 1era. Edición. San José Costa Rica. 195 pp.

Zelaya, U. J y F. C. Sotelo. 2000. Manejo de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en dos años consecutivos (1988/1999). Tesis Ing. Agrónomo. UNA-Nicaragua. 50 pp.

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Variables de crecimiento de las plantas de café. Finca San Francisco, San Marcos, Carazo.

<b>Diámetro de las plantas en (mm)</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	30.8	36.7	41.5	42.2	48.7	49.8	54	53
<b>CSOLF</b>	32.1	37.5	42.6	42.3	47.3	47	52.2	56.8
<b>CS</b>	30.8	34.9	39	40.3	41.5	45.8	51.2	52.2

<b>Proyección de copa en m<sup>2</sup></b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	1.5	1.72	2.6	2.63	2.46	1.89	1.43	2.96
<b>CSOLF</b>	1.63	1.91	2.27	2.03	1.91	2.32	1.37	2.38
<b>CS</b>	2.05	1.73	2.2	2.11	2.15	2.09	1.48	2.6

<b>Números de Nudos Totales en el Tallo</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	27.13	31	38.63	39.37	45.4	41	45	52.4
<b>CSOLF</b>	26.13	30	35.75	37.75	47.2	42.5	76.2	47.4
<b>CS</b>	26.63	31.75	35.5	35.87	45.2	36.37	84.8	48.4

<b>Ramas Primarias Totales en el Tallo</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	48.38	51.5	68.75	74.25	72.5	82.6	80.8	90.4
<b>CSOLF</b>	47.63	54.75	63.13	68.62	74.87	76.2	76.2	78.2
<b>CS</b>	46	55.63	65.38	67.75	66.75	74.2	84.8	81.4

<b>Ramas Secundarias Totales en el Tallo</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	36.38	56.38	95.5	109.5	93.63	142.4	149.4	164
<b>CSOLF</b>	40.63	52.5	121	134.87	121.5	100.6	108.6	158
<b>CS</b>	39.25	47.38	87.13	81.88	90.13	164.8	117.8	135



<b>Ramas Terciarias Totales en el Tallo</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	2.63	7.75	14	15.02	20.87	38.2	26.6	31.6
<b>CSOLF</b>	2.13	11.5	16.13	14.88	17.87	45.2	37	36.2
<b>CS</b>	6.88	3.38	11.38	8.5	13.75	34.2	17.4	12.6

<b>Ramas Agotadas Totales en el Tallo</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	3.25	0.13	2	2.12	5.25	3	3.4	1.6
<b>CSOLF</b>	0.88	0.63	2.13	2.88	8.5	7	6.6	2.8
<b>CS</b>	3.25	0.75	1.75	1.62	0.37	5	2.6	1.4

**Anexo 2.** Variables de estructura productiva de las plantas de café. Finca San Francisco, San Marcos, Carazo.

<b>Ramas Primarias Productivas</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	29.38	28	52.25	51.25	50.5	47.4	52	56.2
<b>CSOLF</b>	30.63	28.5	47.25	51.25	49.25	51.4	43.4	35.4
<b>CS</b>	26.75	25.88	50.75	50.25	43.62	54	55.6	47.6

<b>Ramas Secundarias Productivas</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	9.13	3.75	44.5	36.5	37.25	31.8	54.2	50.4
<b>CSOLF</b>	8.25	6.5	54.63	48.38	45.37	37.4	50.4	34.6
<b>CS</b>	5.5	2.75	36.63	35.5	29.88	56.5	56.4	41.6

<b>Ramas Terciarias Productivas</b>								
<b>Sistemas</b>	<b>Ago-02</b>	<b>Dic-02</b>	<b>Jun-03</b>	<b>Sep-03</b>	<b>Dic-03</b>	<b>Jun-04</b>	<b>Sep-04</b>	<b>Dic-04</b>
<b>CSF</b>	0.25	0	2.25	9	4	4.2	3.6	5.8
<b>CSOLF</b>	0.13	0.8	6	9	3.25	6.4	11.4	4.6
<b>CS</b>	0	0	3.38	1	3.37	3.8	3.8	1.6

### **Anexo 3.** Términos usados para describir la taza del grano de café.

<b>Termino</b>	<b>Definición</b>
Verde	Proviene cuando se cosechan granos verdes y maduros, se mezclan al momento del despulpado. Se produce en la bebida un sabor áspero y sucio.
Sucio	Indefinido procede de natas, verdes, películas adheridas en el grano y otros defectuosos.
Agrio	Ocurre si persisten las condiciones que originan el sabor a fruta, está muy relacionado con el vinoso y puede llegar a alcanzar el agrio; puede deberse a mal lavado y a sobrecalentamiento en las secadoras donde se notan granos con el germen abierto.
Fruta	Sabor que se parece a la piña madura, ocurre en partidas mal lavadas, en cafés sobrecalentados, con granos de color grisáceo bien reseco o secado en cereza seco.
Vinoso	La cosecha del café sobre maduro o el retraso en el despulpado, este sabor es originalmente dulce y agradable, se va haciendo mas agrio hasta ser un defecto; esta relacionado con la película dorada o rojiza.
Mohoso	Viene de almacenar café a medio secar, aparece como un sabor a cosecha vieja, en café que se blanqueo rápidamente por haber sido dejado con más del 12 % de humedad.
Cosecha Vieja	Envejecimiento natural del grano, aún después de ser bien procesado, es más acentuado en climas cálidos y húmedos. Si el café esta a temperaturas debajo de 20 ° C y humedades relativas del 65 %, el defecto aparece mas lento.

**Anexo 4.** Peso (g) y porcentajes de los diferentes compartimientos de la planta de café bajo tres sistemas de manejo. Finca San Francisco San Marcos, Carazo de agosto de 2002 a diciembre de 2004.

Sist. de Manejo	Biomasa seca en gramos y porcentajes por planta																
	Comp.	Ago-02		Dic-02		Jun-03		Sep-03		Dic-03		Jun-04		Sep-04		Dic-04	
		g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	215.75	17.47	349.38	18.88	467.8	19.69	482.75	16.92	405.86	19	814.2	22.53	859.62	20.29	1005.77	19.82
	Tallo	223.25	18.08	355.25	19.19	496.03	20.87	513.11	17.98	498.54	23.34	922.61	25.52	1080.66	25.51	1240.77	24.46
	Ramas	222.18	17.99	352.38	19.05	496.21	20.88	531.78	18.64	505.19	23.65	857.7	23.73	1026.26	24.23	1269.42	25.01
	Hojas	420.66	34.07	620.88	33.56	640.04	26.93	741.13	25.98	390.92	18.3	856.71	23.71	1002.03	23.65	1165.53	22.98
	Frutos	153.03	12.39	172.44	9.32	276.4	11.63	583.8	20.46	335.26	15.69	163.36	4.52	267.70	6.32	392.47	7.73
	<b>Total</b>	<b>1234.87</b>	<b>100</b>	<b>1850.33</b>	<b>100</b>	<b>2376.48</b>	<b>100</b>	<b>2852.6</b>	<b>100</b>	<b>2135.8</b>	<b>100</b>	<b>3614.58</b>	<b>100</b>	<b>4236.28</b>	<b>100</b>	<b>5073.96</b>	<b>100</b>
Café a pleno sol y Fertilización (CSOLF)	Raíces	269.38	19.09	391.75	21.53	517.11	18.75	640.9	20.49	514	20.64	639.4	21.07	730.60	21.73	748.08	19.87
	Tallo	266.13	18.87	363.13	19.95	472.1	17.11	487.69	15.57	520.25	20.89	718.9	23.69	870.04	25.87	1019.43	27.07
	Ramas	252.23	17.88	338.89	18.62	583.76	21.16	532.03	17.01	509.18	20.45	666.4	21.69	738.34	21.95	906.41	24.07
	Hojas	440.6	31.24	566.51	31.12	768.19	27.85	680.53	21.75	469.37	18.85	589.05	19.41	647.26	19.25	842.66	22.38
	Frutos	182.16	12.92	159.8	8.78	417.33	15.13	786.5	25.14	454.23	18.24	421.24	13.88	376.68	11.20	249.33	6.62
	<b>Total</b>	<b>1410.5</b>	<b>100</b>	<b>1820.08</b>	<b>100</b>	<b>2758.49</b>	<b>100</b>	<b>3127.7</b>	<b>100</b>	<b>2489.8</b>	<b>100</b>	<b>3034.99</b>	<b>100</b>	<b>3362.91</b>	<b>100</b>	<b>3765.92</b>	<b>100</b>
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	326.13	21.75	371.63	22.61	485.63	20.43	527.33	20.42	434.44	18.9	698.6	26.64	581.32	22.24	581.64	19.39
	Tallo	249.25	16.62	323.5	19.68	478.23	20.12	444.2	17.2	512.88	22.31	724.69	27.63	746.80	28.57	960.48	32.01
	Ramas	248.48	16.57	295.19	17.96	442.55	18.61	443.91	17.19	420.71	18.3	510.8	19.48	479.18	18.33	603.01	20.10
	Hojas	529.34	35.31	490.14	29.82	663.66	27.92	629.9	24.39	582.3	25.33	555.6	21.18	565.61	21.64	625.62	20.85
	Frutos	146.24	9.75	163.18	9.93	307.26	12.92	538.4	15.13	347.85	15.13	133	5.07	241.07	9.22	229.54	7.65
	<b>Total</b>	<b>1499.44</b>	<b>100</b>	<b>1643.64</b>	<b>100</b>	<b>2377.33</b>	<b>100</b>	<b>2581.5</b>	<b>100</b>	<b>2298.2</b>	<b>100</b>	<b>2622.69</b>	<b>100</b>	<b>2613.98</b>	<b>100</b>	<b>3000.29</b>	<b>100</b>

**Anexo 5.** Extracción de nitrógeno en gramos y porcentaje por compartimiento en las plantas de café bajo tres sistemas de manejo. Finca San Francisco San Marcos, Carazo de agosto de 2002 a diciembre de 2004.

Sist. de Manejo	Extracción de nitrógeno (g / pta y %)																
	Comp.	Ago-02		Dic-02		Jun-03		Sep-03		Dic-03		Jun-04		Sep-04		Dic-04	
		g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	3.75	17.72	6.71	18.8	8.14	17.59	8.64	15.92	7.73	19.56	14.64	23.79	15.82	21.09	18.51	20.63
	Tallo	1.83	8.64	3.3	9.26	4.51	9.76	4.6	8.47	4.48	11.96	7.79	12.66	10.27	13.69	11.79	13.14
	Ramas	2.76	13.01	5.14	14.42	6.35	13.73	7.08	13.04	6.71	17.91	12.06	19.6	15.19	20.26	18.78	20.93
	Hojas	9.68	45.68	18	50.46	19.71	42.61	20.46	37.69	11.75	31.36	23.64	38.41	29.06	38.75	33.81	37.69
	Frutos	3.17	14.95	2.52	7.06	7.55	16.31	13.5	24.87	7.2	19.22	3.41	5.54	4.66	6.21	6.83	7.61
	<b>Total</b>	<b>21.19</b>	<b>100</b>	<b>35.67</b>	<b>100</b>	<b>46.26</b>	<b>100</b>	<b>54.28</b>	<b>100</b>	<b>37.47</b>	<b>100</b>	<b>61.54</b>	<b>100</b>	<b>74.99</b>	<b>100</b>	<b>89.72</b>	<b>100</b>
Café a pleno sol y Fertilización (CSoIF)	Raíces	5.25	18.43	7.4	20.89	8.58	16.24	11.71	19.74	9.03	19.01	11.69	21.73	13.44	23.19	13.77	20.97
	Tallo	2.1	7.38	3.59	10.14	3.82	7.23	4.4	7.41	4.31	9.08	5.94	11.04	8.27	14.26	9.68	14.75
	Ramas	3.68	12.92	5.22	14.73	8.11	15.35	7.76	13.06	6.81	14.34	9.72	18.07	10.93	18.85	13.41	20.44
	Hojas	13.44	47.15	16.09	45.39	23.12	43.74	20.2	34	16.43	34.6	17.49	32.51	18.77	32.39	24.44	37.23
	Frutos	4.03	14.12	3.13	8.85	9.22	17.44	15.34	25.82	10.91	22.97	8.96	16.65	6.55	11.31	4.34	6.61
	<b>Total</b>	<b>28.5</b>	<b>100</b>	<b>35.43</b>	<b>100</b>	<b>52.85</b>	<b>100</b>	<b>59.41</b>	<b>100</b>	<b>47.49</b>	<b>100</b>	<b>53.8</b>	<b>100</b>	<b>57.96</b>	<b>100</b>	<b>65.64</b>	<b>100</b>
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	6	19.73	6.28	19.96	8.26	18.49	9.19	18.23	8.42	21	12.25	27.69	10.70	23.52	10.70	21.03
	Tallo	2.47	8.11	3.04	9.68	3.83	8.57	4.43	8.79	5.09	12.7	5.69	12.86	7.09	15.60	9.12	17.93
	Ramas	3.3	10.86	4.28	13.61	5.62	12.58	6	11.9	5.76	14.37	6.89	15.57	7.09	15.59	8.92	17.54
	Hojas	15.83	52.02	14.9	47.37	20.11	45.02	19.07	37.82	13.99	34.9	16.77	37.91	16.40	36.07	18.14	35.65
	Frutos	2.82	9.28	2.95	9.38	6.85	15.34	11.73	23.26	6.83	17.04	2.64	5.97	4.19	9.22	3.99	7.85
	<b>Total</b>	<b>30.42</b>	<b>100</b>	<b>31.45</b>	<b>100</b>	<b>44.67</b>	<b>100</b>	<b>50.42</b>	<b>100</b>	<b>40.09</b>	<b>100</b>	<b>44.24</b>	<b>100</b>	<b>45.48</b>	<b>100</b>	<b>50.89</b>	<b>100</b>