

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

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

AUTORES:

**Br. JUSTO EZEQUIEL CASTRO BRENES
Br. DIANA CAROLINA DÍAZ VALLE**

ASESORES:

**Dr. VICTOR AGUILAR BUSTAMANTE
Ing. MSc. LEONARDO GARCIA CENTENO**

MANAGUA, NICARAGUA – DICIEMBRE 2004

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

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

AUTORES:

**Br. JUSTO EZEQUIEL CASTRO BRENES
Br. DIANA CAROLINA DÍAZ VALLE**

ASESORES:

**Dr. VICTOR AGUILAR BUSTAMANTE
Ing. MSc. LEONARDO GARCIA CENTENO**

**Presentado a la consideración del honorable tribunal examinador como
requisito parcial para optar al grado de Ingeniero Agrónomo.**

MANAGUA, NICARAGUA – DICIEMBRE 2004

DEDICATORIA

A **DIOS** por guiar mi vida y darme sabiduría, ayudándome en todo momento.

A mi padre Trinidad Castro Barquero y muy especialmente a mi madre Esmeralda Brenes Alemán por su apoyo incondicional que me brindaron durante todos mis estudios.

A mis hijos Verónica Esmeralda y Steven Ezequiel Castro Velásquez por ser motivo de mi inspiración y que le sirva de ejemplo de superación.

A la memoria de mi abuelo Juan Brenes González que en paz descansa.

A mis hermanos y familiares por su solidaridad y cariño.

A Esthela Velásquez Méndez por su comprensión y apoyo en todo momento.

Justo Castro Brenes.

DEDICATORIA

A **DIOS** todo poderoso por haberme guiado e iluminado en todos los momentos de mi vida

A mi madre Francis Valle, por ser mí apoyo y comprenderme en todos los años de estudios y en toda mi vida.

A Leopoldo Espinoza por que sin él no hubiera podido culminar mi carrera.

A mis hijos Alexander Josué y Jeling Carolina, por ser fuente de mi inspiración y que le sirva de ejemplo de superación.

A mis hermanos Sergio y Henry, muy especialmente a mi hermana Geydi, por todo su apoyo y cariño.

A mi tía Juanita Díaz, por haberme ayudado tanto.

Diana Díaz Valle.

AGRADECIMIENTO

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 y muy especial a la Ing. MSc. Glenda Bonilla Zúniga coordinadora del proyecto en Nicaragua y al PhD. Philippe Vasst coordinador general.

A nuestros asesores PhD. Víctor Aguilar Bustamante y el Ing. MSc. Leonardo García Centeno por su apoyo incondicional durante el proceso de esta investigación.

Al personal docente de la Universidad Nacional Agraria, en especial a la Facultad de Agronomía por habernos brindados sus conocimientos en nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros de clase Rene Detrinidad Ruiz, Erick Escoto Vega, Rene Carballo Palma, Ernesto Chavarría Moreno, Erwin Barquero, Olga Gutiérrez García, Isayana Blandón Picado y Silvia Elena González.

A Inversiones Generales S. A. por habernos permitido establecer el ensayo experimental en su propiedad, muy especialmente al Ing. Roberto Velásquez e Ing. Enrique Quiñónez.

A las siguientes personas que de alguna manera nos apoyaron:

MSc. Camilo Somarriba Rodríguez/UNA

Ing. Gabriel López/CENIDA

Br. Sergio Ruiz/UNA

MSc. Mainor Rojas Barrantes/ICAFFE-Costa Rica

Ing. Carlos Fonseca Castro/ICAFFE-Costa Rica

Ing. Roberto Larios/UNA

Lic. Katy Sánchez/CENIDA

Sr. Yelman Ramírez y Sra

Sra. Yolanda Vega Norori

Sra. Miriam Esther Torrez

Justo Castro Brenes.

Diana Díaz Valle.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
INDICE DE TABLAS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y METODOS	4
2.1 Localización y descripción del área de estudio	4
2.2 Descripción del área experimental y muestreos	5
2.3 Manejo agronómico	10
2.4 Descripción de la variedad Costa Rica 95	12
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
3.1 Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento vegetativo del café	15
3.1.1 Altura de tallo (cm)	15
3.1.2 Diámetro del tallo (cm)	17
3.1.3 Proyección de copa (m ²)	19
3.1.4 Nudos totales en el tallo	21
3.2 Efecto de los sistemas de manejo sobre la estructura productiva del café	24
3.2.1 Ramas primarias totales	24
3.2.2 Ramas secundarias totales	25
3.2.3 Ramas terciarias totales	27

Contenido	Página
3.2.4 Ramas primarias agotadas	29
3.2.5 Ramas primarias productivas	31
3.2.6 Ramas secundarias productivas	33
3.2.7 Ramas terciarias productivas	35
3.3 Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (g pta ⁻¹) en las plantas de cafeto	37
3.3.1 Biomasa seca de raíces (g pta ⁻¹)	37
3.3.2 Biomasa seca de tallo (g pta ⁻¹)	39
3.3.3 Biomasa seca de ramas (g pta ⁻¹)	40
3.3.4 Biomasa seca de hojas (g pta ⁻¹)	41
3.3.5 Biomasa seca de frutos (g pta ⁻¹)	42
3.4 Efecto de los sistemas de manejo sobre la acumulación y comportamiento del nitrógeno en plantas de cafeto	44
3.5 Efecto de los sistemas de manejo sobre el rendimiento (kg de café oro ha ⁻¹)	47
3.6 Efecto de la sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas y organolépticas del grano de café	50
3.6.1 Características físicas	50
3.6.2 Características organolépticas	53
 IV. CONCLUSIONES	 57
 V. RECOMENDACIONES	 59
 VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	 60
 VII. ANEXOS	 65

INDICE DE TABLAS

Tabla N°.	Página
1. Características físicas del suelo en la Finca San Francisco, Carazo.	5
2. Características químicas del suelo en la Finca San Francisco, Carazo.	5
3. Meses de aplicación, productos químicos y dosis de herbicidas utilizados en el experimento.	11
4. Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados a los sistemas de manejo.	11
5. Momento, formulas y dosis de fertilizantes edáficos aplicados a las dos parcelas sometidas a fertilizaciones.	12
6. Características Agroproductivas de la variedad Costa Rica 95.	14
7. Influencia del sol, sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas del grano de café	53
8. Influencia del sol, sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características organolépticas del grano de café	56

INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Página
1. Comportamiento de la precipitación y temperatura mensual durante los meses de estudio. Centro Experimental de café del pacífico-Jardín Botánico, Masatepe.	4
2. Efecto de la sombra y fertilización sobre la altura de tallo (cm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	17
3. Efecto de la sombra y fertilización sobre el diámetro del tallo (cm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	19
4. Efecto de la sombra y fertilización sobre la proyección de copa (m ²) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	21
5. 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.	23
6. 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
7. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	27

Figura N°	Página
8. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	29
9. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	31
10. 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.	33
11. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	35
12. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.	36
13. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (%) en la planta de café. Finca San Francisco. Carazo.	43
14. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución (%) del nitrógeno en plantas de café. Finca San Francisco. Carazo.	47
15. Efecto de los sistemas sombra, sol y fertilización sobre el rendimiento (kg oro ha ⁻¹) en cafetos. Finca San Francisco. Carazo.	49

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°	Página
1. Peso (g) de los diferentes compartimientos de la planta de café bajo tres sistemas de manejo y tres épocas de evaluación.	66
2. Porcentajes por componente de la planta de café bajo tres sistemas de manejo y tres momentos de evaluación.	66
3. Concentración del nitrógeno (%) por componente de planta de café en tres sistemas de manejo y en tres momentos de evaluación.	67
4. Extracción de nitrógeno por compartimiento en plantas de café bajo tres sistemas de manejo y tres épocas de evaluación.	67
5. Porcentajes de la extracción de nitrógeno por compartimiento en plantas de café bajo tres sistemas de manejo y tres épocas de evaluación.	68
6. Términos usados para describir la taza del grano de café.	68

RESUMEN

El café (*Coffea arabica* L) es un componente importante del paisaje y la economía nacional, los árboles de sombra y el manejo agronómico influyen en la ecofisiología y calidad del café, mejorando la sostenibilidad de las fincas cafetaleras y su viabilidad económica; por tal razón es de suma importancia el estudio de diferentes sistemas de manejo agronómico del cafeto asociados o no con árboles de sombra. El presente estudio se realizó en la Finca San Francisco de Inversiones Generales S. A., ubicada en el km 39 ½ de la carretera San Marcos, Las Esquinas, en el departamento de Carazo, en un periodo comprendido de Agosto del 2002 hasta Junio del 2003. Los suelos pertenecen a la serie San Marcos del orden de los Andisoles, la finca tiene una altitud de 670 msnm, precipitación anual de 1400 mm, con temperatura promedio anual de 24 °C y humedad relativa de 80 %. El objetivo general del experimento fue evaluar tres sistemas de manejo del café sobre el crecimiento, estructura productiva, acumulación de biomasa y nitrógeno en la raíz, tallo, ramas, hojas y frutos; producción y calidad del café oro de los cafetos. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar (BCA), con tres tratamientos que consistieron en: a) Café (*Coffea arabica* L cv. Costa Rica 95) bajo sombra de madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers) y fertilización química, b) Café a plena explosión solar y fertilización química y c) Café bajo sombra sin fertilización. En cada parcela se seleccionaron 8 plantas a las cuales se les tomaron los datos de altura, diámetro, proyección de copa, nudos totales en el tallo principal, número de ramas primarias, secundarias y terciarias tanto totales como productivas de la planta y rendimiento de café oro por parcela. Una muestra por tratamiento de café oro en cada una de las cuatro cosechas fue tomada y enviada a CERCAFENIC de UNICAFE en Managua para determinar los aspectos físicos y organolépticos de cada una de las muestras de café oro. Empleando el método destructivo se midió la biomasa y cantidad de nitrógeno acumulado en la raíz, tallo, ramas, hojas y frutos por planta. A cada una de las variables estudiadas se le realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por rangos múltiples de Tukey al 5 % de margen de error. En Agosto del 2002 las plantas de café bajo sombra sin fertilizante, presentaron la mayor biomasa de raíces (Pr = 0.0065) y el mayor contenido de nitrógeno en raíces (Pr = 0.0084), tallo (Pr = 0.0023) y hojas (Pr = 0.0177); el sistema de café a pleno sol y fertilizante obtuvo la mayor biomasa de tallo (Pr = 0.0165), en las variables restantes no se encontró diferencia significativa. Para el mes de Diciembre del 2002 el sistema café a pleno sol y fertilización presentó el mayor número de ramas terciarias totales (Pr = 0.0166), en las variables restantes no se encontró diferencia significativa. Los datos del mes de Junio del 2003 presentan al sistema café bajo sombra y fertilizante con la mayor altura (Pr = 0.0001) y el mayor número de ramas primarias totales (Pr = 0.0137) y el sistema café a pleno sol y fertilizante con el mayor número de ramas terciarias productivas (Pr = 0.0303) para las demás variables no se encontró diferencia estadística. El sistema de café bajo sombra sin fertilización obtuvo el mejor rendimiento con 438 kg oro ha⁻¹. La calidad del café fue mejor en el sistema café bajo sombra con fertilizante en la cosecha cuatro y cinco presentando una taza **OK**, tipo **GW** y calidad como café lavado Nicaragua. Por ser el primer año de estudio, al no presentarse diferencia significativa en la mayoría de las variables se afirma que se inició con una población altamente homogénea lo cual sería de mucha utilidad para los datos que se tomaran en la continuidad de esta investigación.

I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es producido en los países en vías de desarrollo, pero es consumido sobre todo en los países desarrollados; los precios de venta del café en la actualidad son inestables, están en dependencia de la producción, stock del producto (almacenados), del tipo de café (orgánico o convencional), de la variedad y sobre todo de la calidad (Mendoza, 2002).

El cultivo de café ha tenido gran importancia social y económica para Nicaragua desde el establecimiento de las primeras plantaciones comerciales en el siglo XIX porque ha generado gran cantidad de empleo y representa uno de los productos de exportación más importantes, mejor aun con la apertura de mercados de especialidades y orgánicos.

Actualmente se estima en Nicaragua unas 116,083.57 ha (165,220 mz), están cultivadas con café. Estas plantaciones de café están distribuidas en los departamentos de Matagalpa y Jinotega con 62,700.73 ha (89,241 mz), correspondiente a 72.69 % de la producción nacional; Nueva Segovia, Madriz y Estelí con 24,827.07 ha (35,336 mz) de café o sea 14.23 % de la producción nacional; Boaco y Chontales cuentan con unas 3,467.33 ha (4,935 mz) equivalentes a 3.23 % de la producción nacional, los departamentos de Managua, Carazo, Masaya, Granada, Rivas y Chinandega con 20,113.33 ha (28,627 mz), que representa en su conjunto la región del pacífico con 6.16 % de la producción nacional cafetalera y en las regiones Autónomas del Atlántico Norte y Sur (RAAN y RAAS) se encuentran sembradas 4,975.11 ha (7,081 mz) que es el 3.69 % de producción nacional (UNICAFE, 2003).

El café representó el 44.7 % de las exportaciones agrícolas y un 25 % de las exportaciones totales, durante el quinquenio 1995-2000. La producción de grano oro fue de 2.1 millones de quintales en el ciclo 1999/2000, de 1.8 millones en el período 2000/2001, unos 1.4 millones en el periodo 2001/2002 (López y Ortega, 2002) y 1,065,401 quintales de café en el ciclo 2002/2003 (UNICAFE, 2003).

El café se cultiva en un rango muy amplio de condiciones agroecológicas y bajo una alta diversidad en su manejo y hasta contrapuestos (Suárez de Castro *et al.*, 1961; Beer, 1997). Se ha sembrado en numerosas plantaciones especializadas, con sombra permanente de doble propósito o con árboles cuya función es brindar sombra regulada mediante la poda. Sin embargo, en las últimas décadas se ha cultivado exitosamente a pleno sol, con o sin barreras arbóreas circundantes (Sampers, 1999) utilizando variedades mejoradas y alto uso de agroquímicos.

Debido a la diversidad de los factores agroecológicos y diversos manejos agronómicos que se le brinda al cultivo, es de suma importancia evaluarlos de manera que ayuden a contrarrestar la baja de los precios internacionales y mejorar la calidad del café.

La capacidad de producción de la planta y la calidad de la bebida engloba todas las características morfológicas, de crecimiento del árbol y factores ecofisiológicos y edafoclimáticos que la afectan, por lo que se considera útil estudiar las características particulares del cafeto.

Con este trabajo de investigación se pretende comparar tres tipos de manejo agronómico que se le brindan al cafeto, teniendo en cuenta los factores que determinan la producción y calidad del café, se realizó el presente experimento con los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Conocer el comportamiento ecofisiológico de las plantas de café creciendo bajo sombra con y sin fertilizante y a plena exposición solar con fertilización; en el pacífico de Nicaragua.

Objetivos específicos:

- Evaluar el crecimiento de las plantas de café bajo sombra con y sin fertilizante y a plena exposición solar con fertilización.
- Determinar el efecto del manejo de la sombra y a plena exposición solar con fertilización sobre la estructura productiva de las plantas de café.
- Estimar la distribución de biomasa y la acumulación del nitrógeno en los componentes de la planta (raíces, tallo, ramas, hojas y frutos) de café manejado bajo sombra con y sin fertilizante, y a pleno sol con fertilizante.
- Comparar el rendimiento de las plantas de café bajo sombra, con y sin fertilizante y a pleno sol con fertilización.
- Analizar el efecto de la sombra con y sin fertilizante y a plena exposición solar con fertilización sobre la calidad del café.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Localización y descripción del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo 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 está entre las coordenadas 11° 53 ' 80 " de latitud Norte y 86 ° 14 ' 05 " de longitud Oeste, a una altitud de 670 msnm, con una precipitación acumulada anual de 1400 mm, con temperatura promedio anual de 24 °C y una humedad relativa de 80 %. En la figura 1 se presenta el comportamiento de la precipitación y la temperatura durante la fase de estudio.

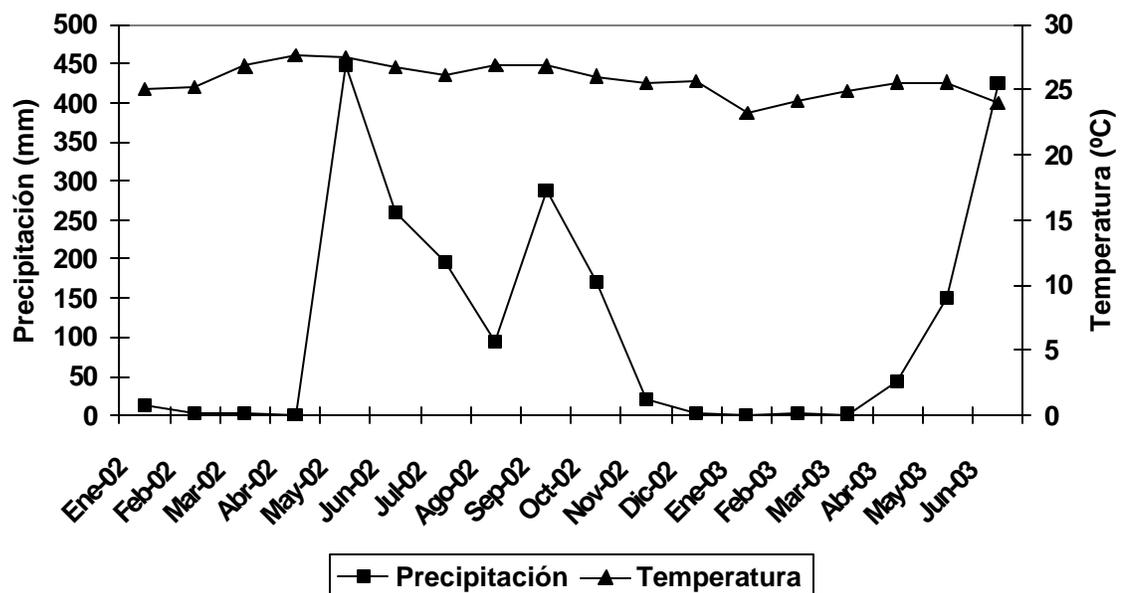


Figura 1. Comportamiento de la precipitación y temperatura mensual durante los meses de estudio. Centro Experimental de café del pacífico-Jardín Botánico, Masatepe

Marín (1990) clasifica la región donde se realizó el estudio como 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 del 2002 se determinó que el suelo presenta textura franco arenosa, pH entre 5.4 y 5.7, alto en materia orgánica y nitrógeno, pero bajo en fósforo (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Características físicas del suelo en la Finca San Francisco, Carazo

TRATAMIENTOS	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	CLASE TEXTURAL
Sombra y Fertilizante	2.5	25	72.5	Franco Arenoso
Pleno sol y fertilizante	5	22.5	72.5	Franco Arenoso
Sombra sin fertilizante	5	22.5	72.5	Franco Arenoso

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, UNA 2002.

Tabla 2. Características químicas del suelo en la finca San Francisco, Carazo

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

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, UNA 2002.

2.2 Descripción del área experimental y muestreos

La plantación de café (*Coffea arabica* L.) vr Costa Rica fue establecida en el año 2000. En Mayo del 2002, fueron delimitadas tres parcelas grandes, café con sombra y fertilizante (CSF), café a pleno sol y fertilizante (CSolF) y café con sombra sin fertilizante (CS) cada una de 40 metros de ancho por 48 metros de largo (1920 m²) con 24 hileras, distanciadas cada dos metros y una distancia de un metro entre planta y planta para una densidad poblacional de 5000 plantas de café por hectárea.

Con árboles de sombra de madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers) especie arbórea típica para sombra en los sistemas de producción de café en la región del pacífico de Nicaragua, distribuidos uniformemente en el área (8 x 10 m). El área total del experimento fue de 5760 m².

Para establecer la parcela a pleno sol se procedió a eliminar los árboles de madero negro y los residuos de estos fueron retirados de la parcela para evitar el efecto de la incorporación de ramas y hojas sobre la fertilidad del suelo.

Se hizo un inventario de los cafetos en las parcelas, con respecto al diámetro y altura del tallo, luego se sacó el promedio de éstos, a partir de éste se marcaron 72 plantas por tratamiento para ser evaluadas en 2002, 2003 y 2004, las variables evaluadas del presente estudio se recolectaron en 8 plantas en Agosto 2002, Diciembre 2002 y Junio del 2003 en cada uno de los tres tratamientos.

Al inicio de la estación lluviosa se realizó un muestreo de suelo para determinar las propiedades físicas y químicas en laboratorio. Se tomó 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.

El diseño utilizado fue de tres parcelas grandes, para no tener efecto de borde, dentro de cada parcela se estratificó 4 bloques, y en cada bloque, se evaluaron 2 plantas como submuestras, se seleccionaron pocas plantas por bloque porque se destruyeron para medir variables de biomasa y acumulación de nitrógeno.

VARIABLES DE CRECIMIENTO TOMADAS EN 8 PLANTAS POR TRATAMIENTO EN AGOSTO Y DICIEMBRE DEL 2002 Y JUNIO DEL 2003.

- **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 ó pié de rey y se medio el diámetro del tallo a una altura de 10 cm sobre la superficie del suelo.
- **Proyección de copa del café (m²):** 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 ecuación para calcular el área proyectada por la copa del café:

$$PTCC = \frac{p \bar{D}^2}{4}$$

Donde:

PTCC: proyección de copa de café (m²)

D: diámetro medio de la copa (m)

p: 3.1416 constante

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

- **Nudos totales en el tallo:** se contabilizó los nudos totales presentes en el tallo principal de cada planta, incluyendo los nudos cuando no están presentes las ramas.

Variables de estructura productiva tomadas en 8 plantas por tratamiento en Agosto y Diciembre del 2002 y Junio del 2003.

- **Ramas primarias totales:** se contabilizó todas las ramas primarias presentes en el tallo principal de cada planta. Se incluyó todas las ramas que presentaron al menos dos nudos incluyendo el ápice.
- **Ramas secundarias totales:** se contabilizó todas las ramas secundarias totales presentes en el tallo principal de cada planta. Se incluyó las ramas que presentaron al menos dos nudos formados incluyendo el ápice.

- **Ramas terciarias totales:** se contabilizó todas las ramas terciarias totales presentes en cada planta. Se incluyó todas las ramas que presentaron al menos dos nudos formados incluyendo el ápice.

- **Ramas primarias agotadas:** se contabilizó las ramas primarias que no presentaron ningún fruto o que presentaron más del 75 % de tejido muerto.

- **Ramas primarias productivas:** en el tallo principal de cada planta se contabilizó todas las ramas primarias que presentaron al menos un nudo productivo.

- **Ramas secundarias productivas:** se contabilizaron todas las ramas secundarias de cada planta que presentaron al menos un nudo productivo.

- **Ramas terciarias productivas:** se contabilizaron todas las ramas terciarias de cada planta que presentaron al menos un nudo productivo.

Distribución e incremento de la biomasa en los componentes de la planta de café

Se determinó el incremento de la biomasa en las plantas de café durante un año en los meses de Agosto 2002, Diciembre 2002 y Junio 2003. En cada planta se tomó el peso fresco de raíces, tallo, ramas, hojas y frutos.

De cada una de las 8 plantas seleccionadas por muestreo se separaron y se pesaron (Biomasa fresca) de los compartimientos de la planta (raíces, tallo, ramas, hojas y frutos), posteriormente se tomó una muestra de 200 gramos 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.

Extracción de nitrógeno total en los componentes de la planta de café

Para determinar el nitrógeno total por componente de la planta de café se utilizó el método Sulfo-Selénica (Digestión Húmeda), se procedió a preparar una muestra de 0.2 gramos de cada componente, se le adicionó 5 ml de la mezcla sulfoselenica, se introdujo en un microdigestador a una temperatura entre 360 y 410 °C, luego de digerirlo y enfriarla, la muestra se sometió 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 ecuación:

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

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

1.401: constante en la determinación del nitrógeno total

0.2 g: peso de la muestra a analizar

Rendimiento de los sistemas evaluados

- **Rendimiento en kg oro:** se registró los pesos de café uva de manera independiente de cada corte incluyendo los graniteos, cortes y repelas. El peso de café uva se multiplica por 0.182 para convertirlo en café oro o café verde al 12% de humedad. Esta variable no se analiza estadísticamente.

Variables físicas y organolépticas realizadas a las muestras de café oro

- **Aspectos físicos:** para evaluar esta característica se tomó una muestra de 250 g de café oro por tratamiento ó sistema, se analizó el tamaño de los granos oro y se clasificó según los siguientes calibres: 19/64", 18/64", 17/64", 16/64", 15/64" y < de 15/64", también se determinó el aspecto, tostado, defecto y humedad.
- **Aspectos organolépticos:** se envió muestras de 250 gramos de café oro por tratamiento y por cosecha y se evaluó en CERCAFENIC (Laboratorio de Certificación de Café Nicaragüense) para determinar 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. El procedimiento y análisis estadístico de la información se realizaron con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) V.8, 2002.

Para analizar estadísticamente las variables se utilizo un bloque completo al azar (BCA), se realizó utilizando el modelo aditivo lineal (GLM), el análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias utilizadas fue de rangos múltiples de Tukey con 5 % de margen de error. Se realizó transformaciones a las variables discontinuas o discretas usando la raíz cuadrada del valor más 0.5 ($\sqrt{X + 0.5}$) para normalizar y homogenizar la varianza de los datos.

2.3 Manejo agronómico

El manejo agronómico de las parcelas se realizó de acuerdo al manejo convencional planificado por la finca 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⁻¹ (4 qq oro mz⁻¹).

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 un desbejuque manual (6 de Septiembre del 2002); el control químico de las malas hierbas se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Meses de aplicación, productos químicos y dosis de herbicidas utilizados en el experimento.

Momento de Aplicación							
Junio-2002		Agosto-2002		Octubre-2002		Junio-2003	
Producto	Dosis	Producto	Dosis	Producto	Dosis	Producto	Dosis
Glifosato	2.0 l/ha	Glifosato	2.0 l/ha	Paraquat	2.0 l/ha	Glifosato	2.0 l/ha
2-4D	0.7 l/ha	2-4D	0.7 l/ha			2-4D	0.7 l/ha

Fuente: Finca San Francisco, 2002.

Las plagas y enfermedades fueron manejadas utilizando productos químicos que se describen en la tabla 4. La fertilización edáfica solo se aplicó a dos parcelas de las tres que se seleccionaron para dicho estudio, el método de aplicación del fertilizante fue al voleo sobre la base de la planta. Los productos y dosis se presentan en la tabla 5.

Tabla 4. Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados a los sistemas de manejo.

Momento de Aplicación									
Junio/02		Agosto/02		Octubre/02		Marzo/03		Mayo/03	
Producto	Dosis	Producto	Dosis	Producto	Dosis	Producto	Dosis	Producto	Dosis
Cobre	2.5 kg/ha	Cobre Nordox	2.5 kg/ha	Cobre Nordox	2.5 kg/ha	Urea	3.8 kg/ha	Urea	3.8 kg/ha
Urea	3.8 kg/ha					KCl	2.5 kg/ha	Sulfato de Zinc	1.0 kg/ha
Endosulfan	1.4 l/ha	Caporal	455 cc/ha	Alto	355 cc/ha	Ácido	1.0 kg/ha	Ácido	1.0 kg/ha
Adherente	150 cc/barril					Urea	5.0 kg/ha	Bórico	1.4 l/ha
Agua	2 barriles/ha					Lorsban	1.4 l/ha	Cobre	2.5 kg/ha

Fuente: Finca San Francisco, 2002.

Tabla 5. Momento, fórmulas y dosis de fertilizantes aplicados a las dos parcelas sometidas a fertilizaciones.

Momento de Aplicación							
Mayo-2002		Agosto-2002		Octubre-2002		Mayo-2003	
Fórmula	Dosis	Fórmula	Dosis	Fórmula	Dosis	Fórmula	Dosis
Urea	194.00						
46%N	kg/ha	15-15-20	323.50	30-00-20	194.00	30-00-20	259.00
KCl	64.69		kg/ha		kg/ha		kg/ha
	kg/ha						

Fuente: Finca San Francisco, 2002.

Se efectuó una poda el 23 de Septiembre del 2002 a los árboles de sombra de madero negro 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, la incorporación de biomasa por parte del madero negro en el tratamiento con fertilizante fue de 3,250 kg ha⁻¹ por las ramas y en las hojas 616.67 kg ha⁻¹, en el sistema sin fertilizante fue de 2,389.58 kg ha⁻¹ a través de las ramas y en las hojas 629.69 kg ha⁻¹; el aporte de nitrógeno por la poda, fue en el sistema con fertilizante de 44.36 kg N ha⁻¹ en las ramas y 21.56 kg N ha⁻¹ en las hojas, en el tratamiento sin fertilizante fue de 24.76 kg N ha⁻¹ en las ramas y 23.42 kg N ha⁻¹ en las hojas. Las cosechas de café uva se realizaron de forma manual a la madurez de los frutos del cafeto.

2.4 Descripción de la variedad Costa Rica 95

La variedad Costa Rica 95, es producto de la selección efectuada 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 pequeño 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 variedades comerciales como caturra y catuái (Cisnero *et al.*, 2000). 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 a las mismas densidades de siembra que el Caturra. Es una variedad que produce entre 25 y 35 % más que las variedades Caturra y Catuai, según las zonas. Para mantener los 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). Presenta 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 roya (Bertrand *et al.*, 1999).

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 Agroproductivas de la variedad Costa Rica 95

I. Fenotípicas	
1.-Porte	Bajo
a. Tamaño planta	Bajo en comparación con otras variedades
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
II. Agronómicas	
1.-Precocidad	Alto
2.- vigor	Alto
3.-ciclos productivos	Cortos
4.-Bianualidad	Marcada
5.- Densidad	7086 plantas por hectárea
6.-Densidad recomendada	1.68 m. X 0.84 m. Altitudes bajas 2.0 m x 1.0 m. Altitudes altas
III. Fruto	
1.-Coloración	Rojo
2.-Resistencia a la caída	Alto
3.-Fruto vano	<5,0 %
4.-Época de maduración	Temprana a media
IV. Enfermedades y plagas	
1.-Ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i>)	Tolerancia Moderada
2.-Chasparria (<i>Cercospora coffeicola</i>)	Tolerancia Media
3.-Rosada (<i>Corticium salminicolor</i>)	Susceptible
4.-Roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk.)	Resistente
5.-CBD (<i>Colletotrichum coffeanum</i> Noack. Senu Hindorf.)	Susceptible
6.-Broca (<i>Hypothenemus hampei</i>) Nematodos (<i>Pratylenchus sp</i> y <i>Meloidogyne sp</i>)	Susceptible
V. Físicas del grano	
1.- Tamaño	Grande (> 17/64 ?)
2.- Anormalidades	<12,0 %
3.- Forma	Typica
4.- Peso/ Volumen	Alto
VI. Producción	Alta

Fuente: Aguilar, 1995.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento vegetativo del cafeto

3.1.1 Altura de tallo (cm)

Garriz y Vicuna (1990) citado por Zelaya y Sotelo (2000) señalan que la altura de planta es importante porque indica el crecimiento ortotrópico de los cafetos, lo que va a proporcionar ramas primarias y secundarias que garantizarán la producción en los próximos años.

La yema terminal del eje ortotrópico es el origen de la prolongación del tallo (Henaó, 1982). El crecimiento ortotrópico da altura a la planta (ISIC, 1977). La altura de la planta de café varía considerablemente y está determinado por la variedad (Blanco, 1984). El alargamiento del eje no se efectúa a un ritmo igual durante todo el año sino que es mucho más activo en la estación lluviosa, siendo muy influenciado por las condiciones del medio (Coste, 1969). Según Aguilar (1993) en estudios realizados en Pío XII en una plantación a pleno sol, el café aumentó en altura y diámetro un 75 % en el periodo lluvioso y un 25 % en el periodo seco.

Los resultados indican en el mes de Agosto del 2002 que la altura no presentó diferencia significativa ($Pr = 0.5509$) entre los sistemas de manejo (Figura 2). Sin embargo, el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) obtuvo el mayor promedio 118.25 cm, seguido por los sistema café a pleno sol y fertilizante químico (CSOLF) con 116.25 cm y el sistema café bajo sombra y fertilización química (CSF) con 116 cm, esto permite asegurar que en este mes los sistemas de manejo no influenciaron la altura de la planta.

En el mes de Diciembre 2002 los valores encontrados variaron entre 136.11 cm en el sistema café bajo sombra con fertilización química (CSF) y 130.85 cm para el sistema café a plena exposición solar y fertilización química (CSolF) sin reflejar diferencia significativa ($Pr = 0.1338$), el café bajo sombra sin fertilización (CS) presentó 133.38 cm de altura.

Para el mes de Junio 2003 se presenta diferencia significativa ($Pr = 0.0001$) entre los sistemas, obteniéndose el mismo patrón para el mayor y menor promedio como el muestreo anterior, estadísticamente fue superior el sistema café bajo sombra con fertilización (CSF) con 166 cm de altura, seguido por el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) con 155.13 cm y con menor altura el café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 147.25 cm.

Con los resultados obtenidos se observa un aumento, en cuanto a ésta variable como es de esperarse, en los muestreos de Agosto y Diciembre 2002 no hubo diferencia significativa, mientras que en el último muestreo de Junio 2003 se obtuvo diferencia significativa, ésta respuesta se atribuye a la sombra ya que los sistemas bajo sombra presentaron mayor altura, que el sistema a plena exposición solar, para el segundo y tercer muestreo existiendo una respuesta del cultivo marcada por el uso o no de la sombra. (Figura 2).

En términos de crecimiento en altura, entre Agosto 2002 y Junio 2003 el sistema café bajo sombra y fertilizante tuvo el mayor aumento (50 cm) y el menor el sistema café a pleno sol y fertilizante (31 cm), esto concuerda con lo expresado por Suárez de Castro *et al.*, (1961) y el ISIC (1977) reportando que en los primeros años de vida, el café bajo sombra adquiere mayor altura y tiene un crecimiento muy alargado que a pleno sol; igualmente Fournier (1988a) y Henao (1982) afirma que las plantas cultivadas a pleno sol tienen un menor crecimiento ortotrópico y que además es mas lento.

Además se puede afirmar que la sombra y la materia orgánica que aportan los árboles de sombra juegan un papel importante en el crecimiento ortotrópico del café, esto concuerda con Nosti (1970) quien señala que en suelos muy fértiles, excesivamente ricos en materia orgánica el crecimiento del café es exuberante. Por otro lado, 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 a plena exposición solar.

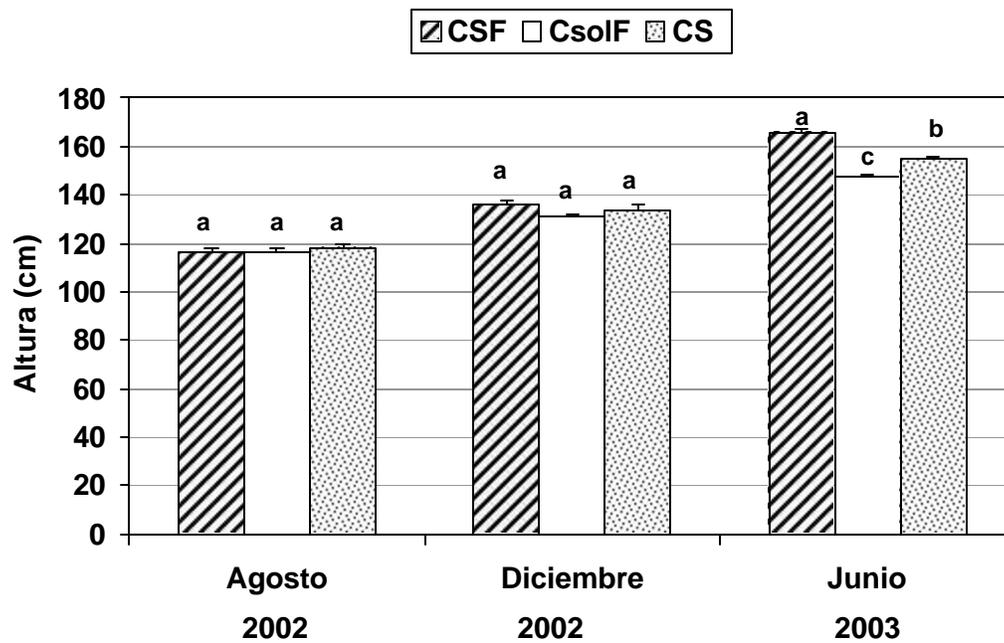


Figura 2. Efecto de la sombra y fertilización sobre la altura de tallo (cm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.1.2 Diámetro del tallo (cm)

El diámetro del tallo se considera como un índice del vigor de la planta (Arias *et al.*, 1976), este es muy importante ya que determina en gran manera la capacidad del tallo en sostener toda la parte aérea de la planta.

No hubo diferencias significativas ($Pr = 0.2715$) entre los sistemas de manejo, el sistema café a pleno sol y fertilizante (CSolF) presentó el mayor promedio 3.21 cm y los sistemas café con sombra con y sin fertilización química (CSF y CS) obtuvieron el menor promedio (3.08 cm) en el mes de Agosto.

Para el mes de Diciembre se obtuvieron resultados similares a la toma anterior, donde no se encontró diferencia significativa ($Pr = 0.3171$), en promedio el sistema café a pleno sol (CSolF) obtuvo el mayor diámetro 3.75 cm, seguido del sistema café bajo sombra con fertilización (CSF) con 3.67 cm y el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) el menor diámetro 3.49 cm (Figura 3).

En el mes de Junio del 2003 no se presentan diferencias significativas ($Pr = 0.0865$) pero si numérica como en los otros dos muestreos, siempre se mantuvo el mismo comportamiento obteniendo el sistema café a pleno sol (CSolF) el mayor promedio 4.26 cm, seguido del sistema café bajo sombra con fertilización (CSF) con 4.15 cm y el menor el sistema bajo sombra sin fertilizante (CS) con 3.90 cm (Figura 3).

Se afirma que los sistemas no tuvieron diferencia estadística sobre el diámetro, pero si numérica lo que se atribuye de alguna manera a la sombra y la fertilización pues Suárez de Castro *et al.*, (1961), reportan que el diámetro del tallo del cafeto es menor a la sombra, de la misma manera Carvajal (1984) señala que el cafeto a pleno sol presenta mayor diámetro del tallo. Con este resultado se puede afirmar que al estar expuesto el cafeto al sol existe un mayor proceso fisiológico como la transpiración, absorción y traslado de agua y sales minerales, traslado de sustancias metabólicas, crecimiento y diferenciación, lo cual incrementan la estructura xilemática y floemática por el alto grado de transporte de nutrientes y sabia en el sistema vascular. Es importante señalar que los sistemas con fertilización presentaron mayor diámetro en comparación con el sistema sin fertilización lo cual hace indicar que los nutrientes adicionados al suelo por la fertilización son fácilmente asimilables por la planta contribuyendo a facilitar la reproducción celular en el tejido leñoso para incrementar el diámetro del tallo.

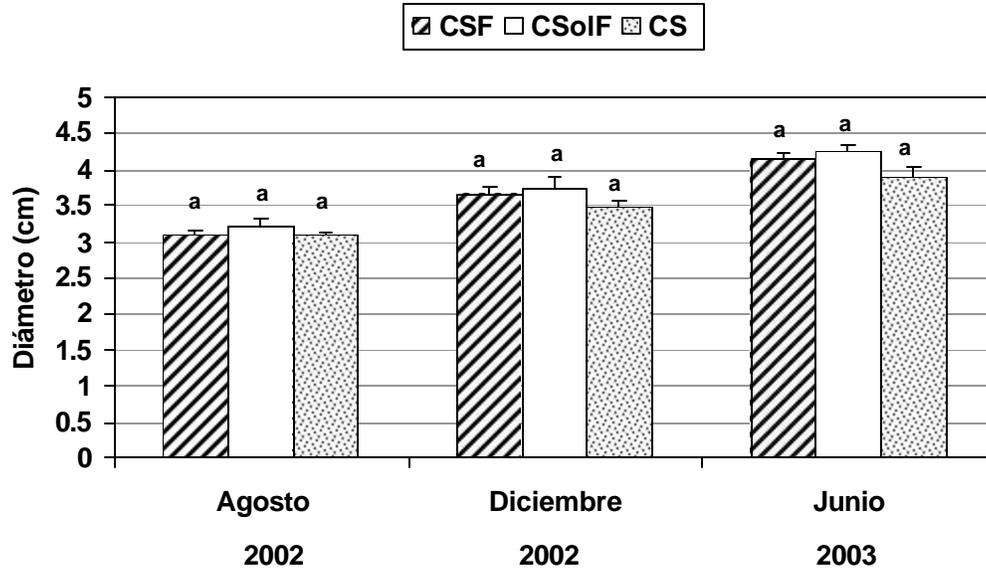


Figura 3. Efecto de la sombra y fertilización sobre el diámetro del tallo (cm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.1.3 Proyección de copa (m²)

La sombra proyectada por la planta de café hacia el suelo es un factor muy importante para el control de malas hierbas ya que se reduce el crecimiento de éstas por la sombra, de igual manera es primordial para el cálculo del índice de área foliar. La parte aérea de la planta del cafeto esta relacionada con las raíces ya que existe una interacción nutricional (Fournier 1988b).

La variable proyección de copa no mostró diferencias significativas entre los sistemas de manejo para ninguno de los meses muestreados, Agosto (Pr = 0.0928), Diciembre (Pr = 0.4487) 2002 y Junio (Pr = 0.3048) 2003. En Agosto 2002 el mayor promedio lo representó el sistema café con sombra sin fertilización (CS) con 2.05 m², seguido del tratamiento café a pleno sol y fertilización (CSolF) con 1.63 m² y menor el sistema café con sombra y fertilizante químico (CSF) 1.50 m².

Para el mes de Diciembre 2002 el promedio más alto lo presentó el sistema café a pleno sol y fertilizante químico (CSolF) 1.91 m² y el menor el sistema café bajo sombra y fertilización química (CSF) 1.72 m² similar al café bajo sombra sin fertilizante químico (CS) 1.73 m² (Figura 4). En Junio 2003 para esta variable, el sistema que presentó el mayor promedio lo obtuvo el sistema café bajo sombra con fertilización (CSF) con 2.60 m², luego el sistema café a pleno sol y fertilización (CSolF) con 2.27 m² y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) con 2.20 m².

El sistema que presentó el mayor aumento para esta variable fue el café bajo sombra y fertilización (CSF) con 1.10 m² y el sistema que tuvo el menor aumento fue el café bajo sombra sin fertilización (CS) con 0.15 m².

Para los datos recolectados en Diciembre 2002 se observa que el sistema a pleno sol (CSolF) responde mas que los sistemas bajo sombra pero con mínima diferencia, esto obedece a que entre el primero y segundo muestreo existe mayor nubosidad lo cual impide que la radiación solar sea de mejor calidad y cantidad, propiciando al café a pleno sol (CSolF) un clima adecuado para su crecimiento; no obstante para el mes de Junio 2003 donde el sistema bajo sombra con fertilizante (CSF) responde mejor que los otros dos tratamientos debido a la fertilización ya que los sistemas sometidos a fertilización experimentaron un crecimiento en el tiempo como es de esperarse, mientras que el sistema sin fertilización sufrió una reducción del crecimiento con respecto al segundo muestreo por la falta de fertilizante y el clima (época de invierno) presentado entre el primero y segundo momento confirmando que el fertilizante es primordial para mantener el ritmo de crecimiento.

Henao (1982) afirma que el café es muy exigente a fertilizantes por tal razón requiere suficiente y balanceados nutrientes para la formación y sostenimientos de sus órganos, bajo sombra el cafeto presenta mayor número y tamaño de hojas.

Esta variable es muy importante para decidir la distancia de siembra de un cafetal ya que la longitud horizontal de las raíces es proporcional a la proyección de la sombra del café, así un café con una proyección grande de sombra y a una distancia de siembra corta permitirá una competencia de nutrientes entre las raíces y luz entre la parte aérea ya que estas también se entre cruzarían.

Aguilar (2000) encontró una mayor proyección de copa del café cultivado a pleno sol que los cultivados bajo sombra esto se relaciona con la altitud y factores climáticos que presenta la región donde se estableció dicho experimento. El ISIC (1977) afirma que el crecimiento de la planta esta relacionado a factores como altitud, fertilización, disponibilidad de agua y otros.

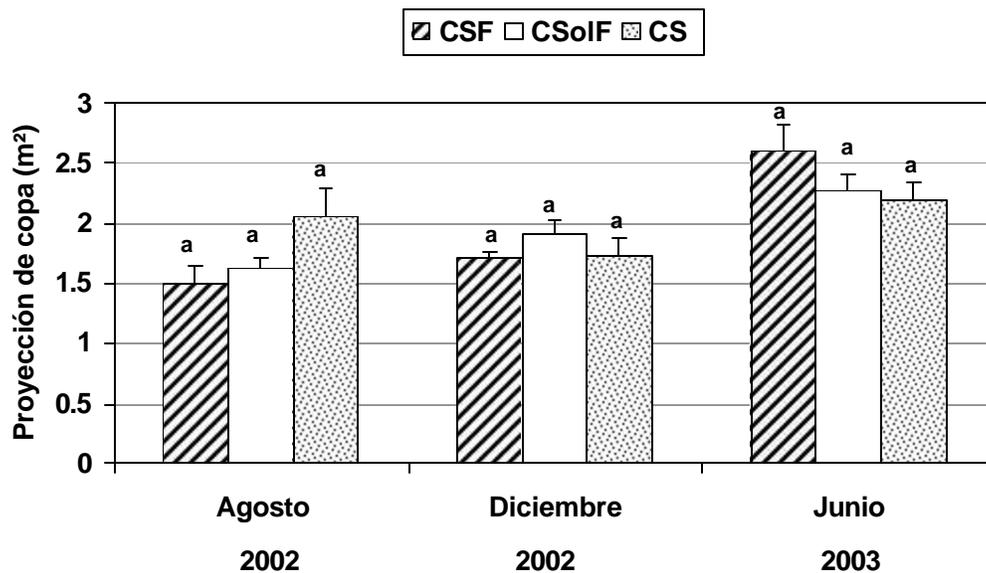


Figura 4. Efecto de la sombra y fertilización sobre la proyección de copa (m²) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.1.4 Nudos totales en el tallo

El crecimiento ortotrópico del cafeto además de dar altura a la planta, desarrolla nudos y entrenudos que contienen las yemas axilares que dan origen a las ramas primarias y brotes de crecimiento vertical (ISIC, 1977).

Los nudos en el tallo son importantes porque de este se originan las ramas primarias que son el tejido nuevo y productivo en los primeros años de vida de un cafeto, al aumentar los nudos aumentan el número de ramas en la planta y por ende la productividad del cafeto a largo plazo, ya que estos aumentan conforme la longevidad de la planta.

Los datos estadísticos obtenidos no tuvieron diferencia significativa (Agosto 2002 con un $Pr = 0.3492$, Diciembre con un $Pr = 0.1628$ y Junio 2003 con un $Pr = 0.0720$) entre los sistemas en los tres momentos, el sistema café bajo sombra con fertilización (CSF) obtuvo el mayor promedio con 27.13 y 38.63 nudos en el tallo para los meses de Agosto 2002 y Junio 2003 respectivamente, para el mes de Diciembre 2002 el sistema que obtuvo el mayor promedio fue el sistema bajo sombra sin fertilización (CS) con 31.75 nudos en el tallo.

En el mes de Agosto 2002 el menor promedio lo obtuvo el sistema café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 26.13 nudos en el tallo muy cerca del sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 26.63; en Diciembre del 2002 la menor cantidad de nudos en el tallo la obtuvo el sistema café a pleno sol y fertilizante químico (CSolF) con 30 y el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 31 nudos en el tallo principal; para el ultimo muestreo (Junio 2003) el menor número de nudos en el tallo principal lo obtuvieron los sistemas café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 35.50 y el café a pleno sol y fertilizante químico (CSolF) con 35.75 nudos en el tallo principal.

En la figura 5 se puede observar que la diferencia es mínima entre los tres sistemas de manejo en el primero y segundo muestreo, no obstante, para el tercer muestreo. Es importante señalar que en general los sistemas bajo sombra presentaron mayor desarrollo de nudos en el tallo, lo que indica en gran parte, que el aporte de la hojarasca de los árboles de sombra y el microclima proporciona condiciones favorables para el desarrollo vegetativo del cafeto. Esto concuerda con lo expresado por Carvajal (1972) y Russo (1984) citados por Fournier (1988a) señalando 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 con cambios en los factores climáticos, además encontraron que el ritmo de crecimiento esta relacionado con las lluvias, porque al inicio de las mismas hubo renovación del crecimiento. Henao (1982) citando varios autores (González, O.; Guiscafré, A.; Da Silva, G.) señala que el café a pleno sol se desarrolla menos en nudos o cruces en el tallo que los que se cultivan bajo sombra.

Nosti (1970) señala que la iluminación influye en el crecimiento en longitud y número de entrenudos en el café, encontrándose una respuesta similar para los datos de este estudio donde los cafetos bajo sombra fueron mayores que el tratamiento a pleno sol para esta variable, igualmente en altura.

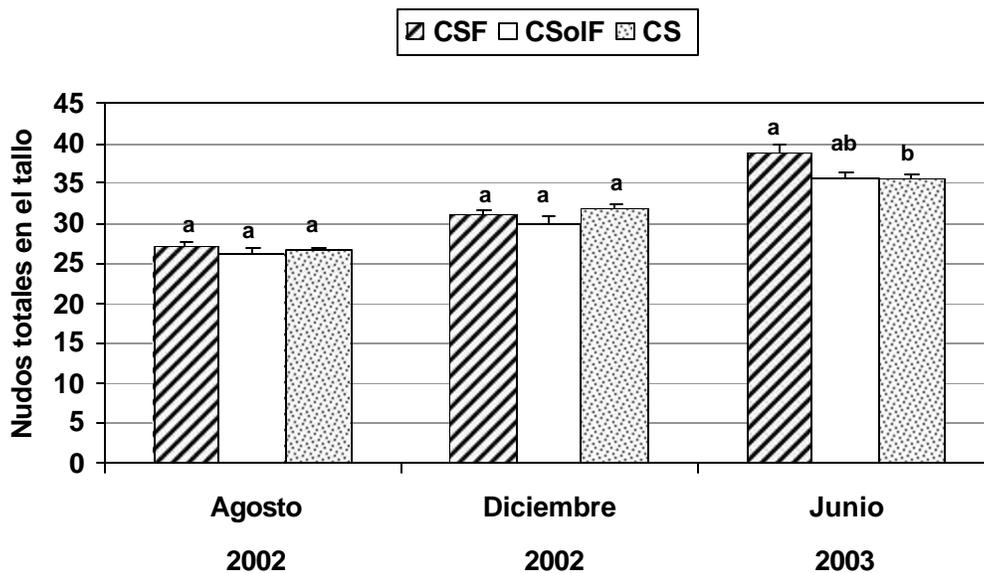


Figura 5. Efecto de la sombra y fertilización sobre nudos en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.2 Efecto de los sistemas de manejo sobre la estructura productiva del cafeto

3.2.1 Ramas primarias totales

Las ramas primarias o plagiotrópicas se originan de las yemas cabeza de serie (Arias, 1982), éstas se desarrollan en sentido horizontal formando un ángulo que, en relación con el tallo principal u ortotrópico, puede ser de 45° a 90°, según la variedad (Henao, 1982). El número de ramas primarias es una característica morfológica del cafeto que se relaciona con la productividad (Arias *et al.*, 1976; Salazar *et al.*, 1988).

Los análisis estadísticos realizados para el mes de Agosto y Diciembre del 2002, no reflejaron diferencia significativa ($Pr = 0.5257$ y $Pr = 0.2608$ respectivamente) entre sistemas para esta variable. Para Agosto 2002 el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) presentó mayor número de ramas primarias totales con 48.38, seguido del sistema café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 47.63 y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 46 ramas primarias totales.

Para el mes de Diciembre del 2002 el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) obtuvo el mayor número de ramas primarias totales con 55.63, seguido del café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 54.75 ramas primarias totales y el menor número de ramas primarias totales la obtuvo el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 51.50.

En el mes Junio 2003 existe diferencia significativa ($Pr = 0.0137$) entre los sistemas obteniendo el café bajo sombra y fertilizante (CSF) el mayor número con 68.75 ramas primarias seguido del sistema de café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 65.38 ramas primarias totales y el menor el café a plena exposición solar (CSolF) con 63.13 ramas primarias totales (Figura 6).

El mayor aumento de ramas primarias totales lo presentó el sistema café bajo sombra y fertilizante con 20.37 y el menor el sistema a plena exposición solar con 15.50 entre el primero y tercer muestreo.

El efecto que presentaron los sistemas fue de una mayor respuesta del cafeto cultivado bajo sombra ya que ésta contribuye a mantener un microclima agradable para el crecimiento en zonas de baja altitud. Muschler (1999) y Fernández y Muschler (1999) afirman que la sombra y la hojarasca de los árboles de sombra ayudan en elevaciones menores a la deficiencia de agua, conservando la humedad y la fertilidad del suelo, y moderan el estrés micro climático de la plantación manteniendo los cafetos en mejores condiciones vegetativas.

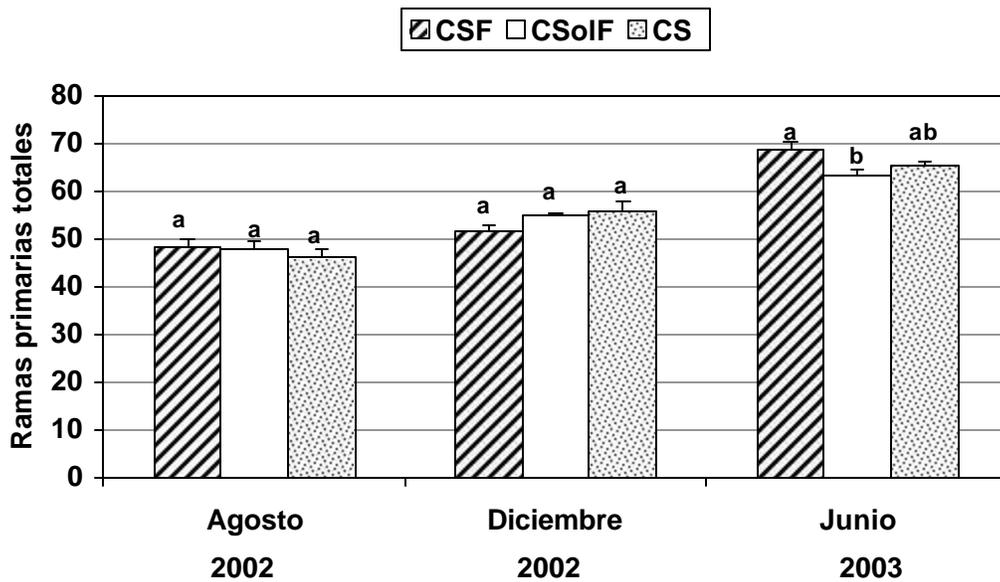


Figura 6. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias totales en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

3.2.2 Ramas secundarias totales

En las ramas primarias, las yemas cabeza de serie forman solamente ramas secundarias (Ramírez 1996). Las ramas plagiotrópicas tienen las mismas yemas que el eje ortotrópico, sólo que en este caso las yemas cabeza de serie originan ramas plagiotrópicas de segundo orden o ramas secundarias (Arias 1982).

Al presentar una planta de café ramas secundarias, se puede esperar que exista mayor productividad de la planta, ya que en estas ramas cada nudo que presenta, posee yemas que dan origen a las flores y posteriormente a los frutos.

La varianza obtenida para el número de ramas secundarias en los tres muestreos establece que no existe diferencia significativa entre los sistemas en cada toma de datos Agosto del 2002 ($Pr = 0.8508$), Diciembre del 2002 ($Pr = 0.7030$) y Junio del 2003 ($Pr = 0.0654$).

En el mes de Agosto del 2002 el sistema que presentó el mayor número de ramas secundarias totales fue el café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 40.63, seguido por el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 39.25 ramas secundarias y el menor número de ramas secundarias la obtuvo el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 36.38; para Diciembre 2002 el mayor promedio lo presentó el café bajo sombra y fertilización (CSF) con 56.38 ramas secundarias totales, seguido del café a pleno sol y fertilización (CSolF) con 52.50 ramas secundarias totales y el menor promedio lo presentó el café bajo sombra sin fertilización (CS) con 47.38 ramas secundarias totales; en Junio del 2003 la mayor cantidad de ramas secundarias la obtuvo el café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 121, seguido del sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 95.50 ramas secundarias y el menor la presentó el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 87.13 ramas secundarias totales (Figura 7).

El sistema que presentó el mayor aumento de ramas secundarias totales fue el sistema café a plena exposición solar (CSolF) con 80.38 ramas secundarias y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 47.88 ramas secundarias.

La respuesta que presenta el cafeto se debe a factores climáticos como la iluminación y temperatura que recibe cultivado a pleno sol que cuando se cultiva bajo sombra, ya que esta reduce dichos factores. 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. Suárez de Castro *et al.*, (1961) señala que las plantas de café a plena exposición solar compensaran su menor crecimiento vertical y lateral, con la emisión de ramas secundarias desempeñando un papel importante en la fisiología del cafeto.

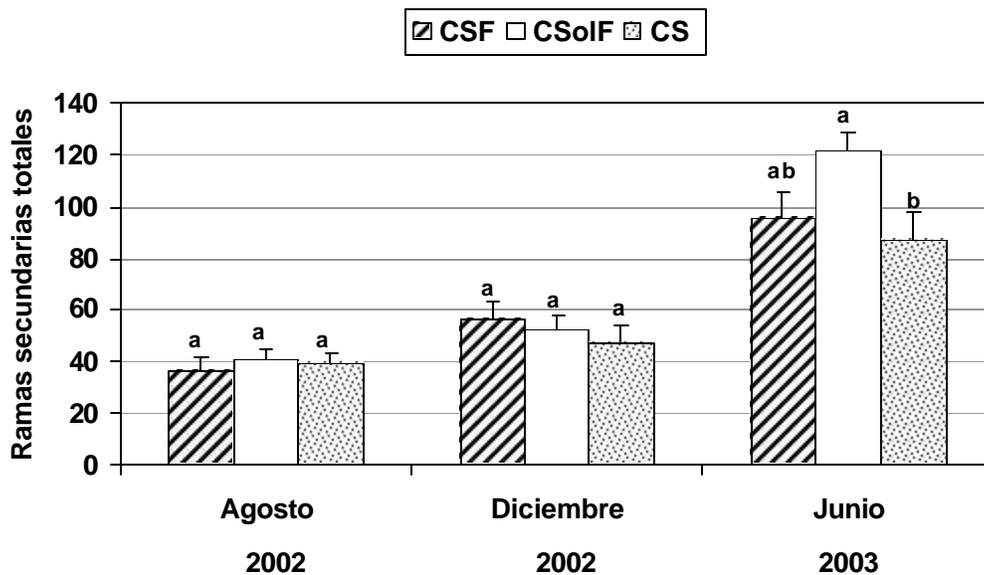


Figura 7. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.2.3 Ramas terciarias totales

Las ramas terciarias o plagiotrópicas de tercer orden se originan de las yemas cabeza de serie que presentan las ramas plagiotrópicas de segundo orden.

Un cafeto con mayor número de ramas terciarias tendrán más yemas de serie, esto incrementará los rendimientos. Según PROMECAFE (1996) citado por Zelaya y Sotelo (2000) cuando las ramas primarias hayan perdido su capacidad de floración, la fructificación se traslada a las ramas secundarias y terciarias.

El resultado obtenido a través del análisis estadístico presenta en la figura 8, que no existe diferencia significativa en Agosto 2002 ($Pr = 0.1244$) y Junio 2003 ($Pr = 0.3319$) entre los sistemas de manejo, en Diciembre 2002 ($Pr = 0.0166$) se presenta diferencia significativa entre los distintos sistema.

En Diciembre 2002 y Junio 2003 el sistema café a plena exposición solar (CSolF) presentó mayor número de ramas terciarias con 11.50 y 16.13, seguido del sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 7.75 y 14 ramas terciarias totales y el sistema Café con sombra sin fertilizante (CS) el menor número de ramas terciarias totales con 3.38 y 11.38 respectivamente. Para el mes de Agosto 2002 el sistema café con sombra sin fertilizante (CS) fue el que presentó mayor número de ramas terciarias con 6.88, seguido del sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 2.63 ramas terciarias totales y el sistema café a pleno sol y fertilizante (CSolF) presentó el menor número de ramas terciarias con 2.13.

Con los datos obtenidos se puede afirmar que en el cafeto a pleno sol, es la radiación solar e iluminación los factores que mas afectan o estimulan el crecimiento plagiotrópico tanto de segundo como de tercer orden, no así en los sistemas cultivados bajo sombra.

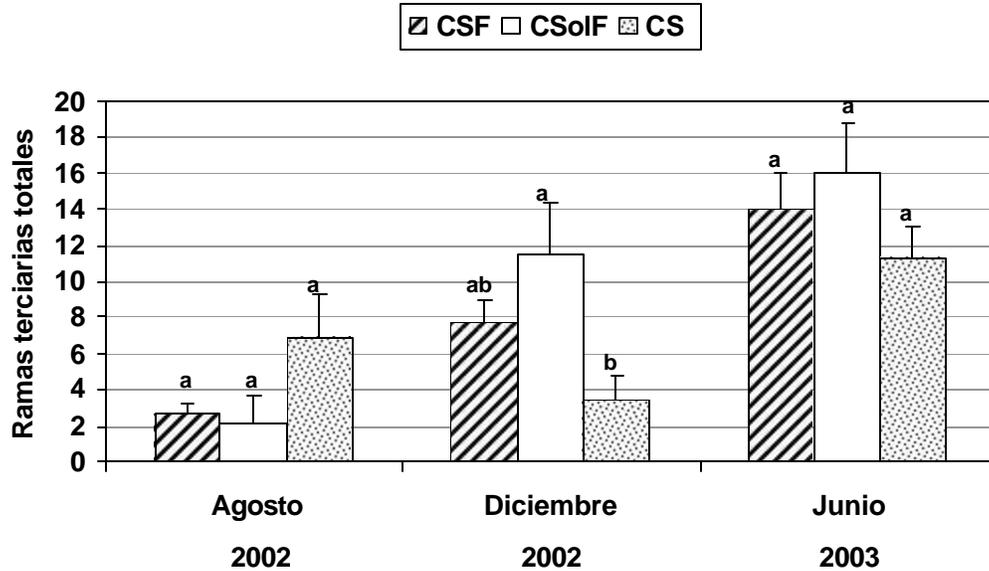


Figura 8. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo.

3.2.4 Ramas primarias agotadas

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.

Contabilizar el número de ramas agotadas es muy importante porque indica el grado de desgaste y productividad de la planta, porque a medida que se incrementa el número de ramas agotadas se reduce la productividad de la planta.

El número de ramas agotadas o muertas no mostró diferencias significativas en Agosto 2002 ($Pr = 0.1137$), Diciembre 2002 ($Pr = 0.2338$) y Junio 2003 ($Pr = 0.9661$) entre los sistemas de manejo en cada muestreo.

En el mes de Agosto 2002 los sistemas bajo sombra con y sin fertilización (CSF y CS) superaron al sistema café a pleno sol y fertilización (CSolF) con 3.25 ramas agotadas bajo sombra y 0.88 ramas agotadas a pleno sol; para Diciembre 2002 el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) obtuvo el mayor promedio con 0.75 ramas agotadas, seguido del sistema café a pleno sol (CSolF) con 0.63 ramas agotadas y el menor promedio lo presentó el café bajo sombra y fertilización (CSF) con 0.13 ramas agotadas; en Junio 2003 el café a pleno sol y fertilización (CSolF) presentó el mayor promedio con 2.13 ramas agotadas, seguido del sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 2 ramas agotadas y el menor promedio lo obtuvo el café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 1.75 ramas agotadas (Figura 9).

El sistema que presentó el mayor aumento en ramas agotadas fue el sistema café a pleno sol (CSolF) con 1.25 ramas agotadas, no obstante los sistemas bajo sombra redujeron el número de ramas agotadas al final del ciclo con respecto al primer muestreo.

Es muy importante señalar que el bajo índice de ramas agotadas en los sistemas se debe en gran parte al cultivo, debido a que es su primer año de producción. Arias (1982) afirma que el cafeto bajo sombra no sufre muchas alteraciones en su arquitectura y la favorece atenuando los requerimientos de nutrientes, el efecto de condiciones ambientales adversas, favorece la disponibilidad de agua en el suelo y principalmente tiene una mayor longevidad la planta de café.

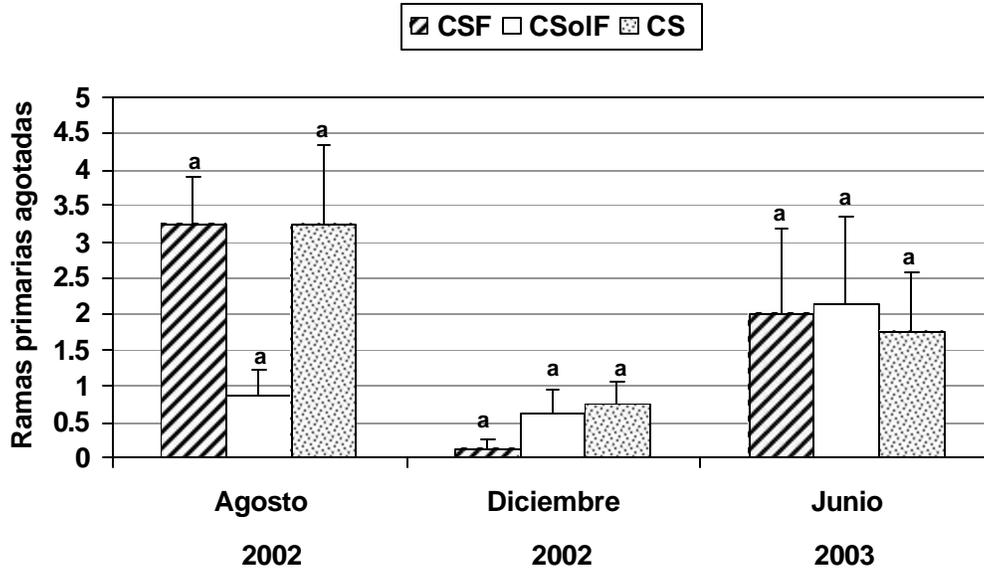


Figura 9. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.2.5 Ramas primarias productivas

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

Al evaluar esta variable no se encontró diferencia significativa en los tres momentos de evaluación, Agosto 2002 ($Pr = 0.2796$), Diciembre 2002 ($Pr = 0.3431$) y Junio 2003 ($Pr = 0.1861$) solamente se encontró diferencia numérica.

En el muestreo de Agosto y Diciembre del 2002 el mayor promedio lo obtuvo el sistema café a pleno sol y fertilización (CSolF) con 30.63 y 28.5 ramas primarias productivas, seguido del café bajo sombra y fertilización (CSF) con 29.38 y 28 ramas primarias productivas y el menor el café bajo sombra sin fertilización (CS) con 26.75 y 25.88 ramas primarias productivas respectivamente.

En Junio 2003 el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) presentó el mayor número de ramas primarias productivas con 52.25, seguido del café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 50.75 ramas primarias productivas y el menor el café a pleno sol y fertilizante (CSOLF) con 47.25 ramas primarias productivas (Figura 10).

Comparando el primero y último muestreo se observó que el sistema que tuvo un mayor aumento en ramas primarias productivas fue el sistema café bajo sombra sin fertilizante con 24 ramas primarias productivas y el menor el sistema café a plena exposición solar con 16.62 ramas primarias productivas.

Se afirma que los manejos no tuvieron efecto significativo sobre el número de ramas primarias productivas y que esta diferencia se debe principalmente al microclima proporcionado por la sombra, ya que esta contribuye a reducir los cambios bruscos de temperatura y ayuda a mejorar la productividad en zonas de elevaciones menores.

Fournier (1988a) afirma que se ha observado que en los cultivos de café a pleno sol los cambios de temperatura repercuten en la fisiología de la planta y Muschler (1999) señala que a pleno sol y elevaciones menores la productividad de las ramas es poca por el estrés que sufren las plantas.

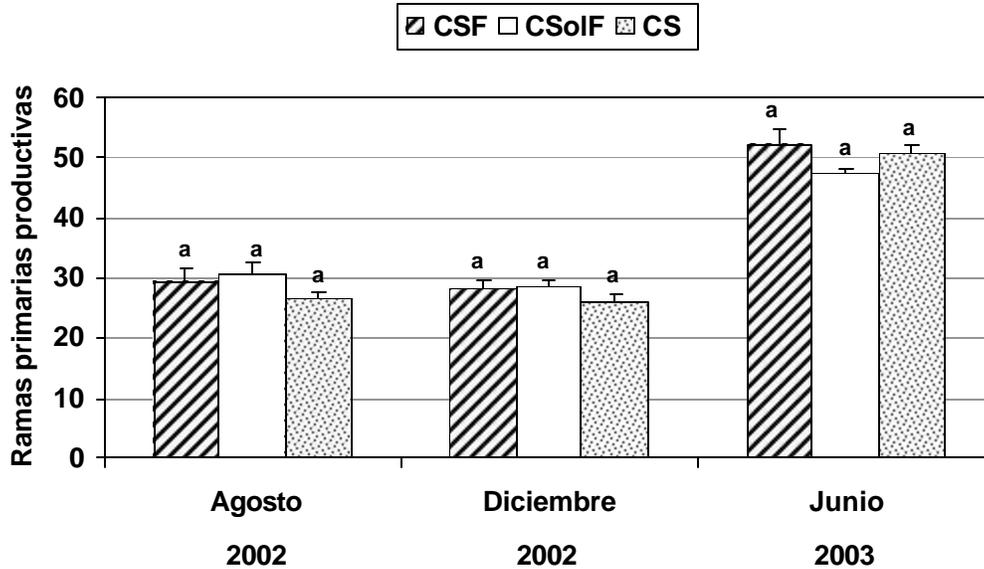


Figura 10. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias productivas en el tallo principal en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.2.6 Ramas secundarias productivas

Todo cafeto en producción tiene ramas primarias que en dependencia con la edad va aumentando la base improductiva, ésta se incrementa, de manera que la productividad de las ramas primarias, se traslada a las ramas que se originaron de segundo orden o secundarias. Las ramificaciones excesivas se deben a factores genéticos y edafoclimáticos.

La evaluación estadística de esta variable reporta que no existe diferencia significativa en los momentos de muestreo, Agosto 2002 (Pr = 0.5727), Diciembre 2002 (Pr = 0.0810) y Junio 2003 (Pr = 0.2238).

En el mes de Agosto 2002 el mayor promedio lo presentó el café bajo sombra y fertilización (CSF) con 9.13, seguido del café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 8.25 y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 5.50; se observa una clara respuesta del cafeto al sol tanto en Diciembre 2002 y Junio 2003 ya que en estos momentos el sistema a pleno sol (CSolF) presenta el mayor número de ramas secundarias productivas con 6.50 y 54.63, seguido del sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 3.75 y 44.5 ramas secundarias productivas; el menor promedio lo obtuvo el café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 2.75 y 36.63 ramas secundarias productivas (Figura 11).

Es importante señalar que el sistema café a plena exposición solar (CSolF) fue el que tuvo el mayor aumento en ramas secundarias productivas con 46.38 y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 31.13 ramas secundarias productivas entre el primero y último muestreo.

Con este resultado se puede afirmar que no existe efecto entre los sistemas evaluados en los meses de muestreo y esta respuesta se debe al factor iluminación ya que el café bajo el sistema a pleno sol produce mas frutos y una mayor ramificación por la razón que crece menos en altura, pero esta reducción de la altura se atribuye a las ramificaciones porque aumenta el metabolismo del cafeto al estar expuesto a la radiación solar directa. Esto se corrobora con lo expuesto por Arias (1982) donde afirma que la cantidad de luz que recibe el café determina en parte la capacidad de producción de la planta. El ISIC (1977) describen que un cafetal bajo una sombra intensa reduce su producción.

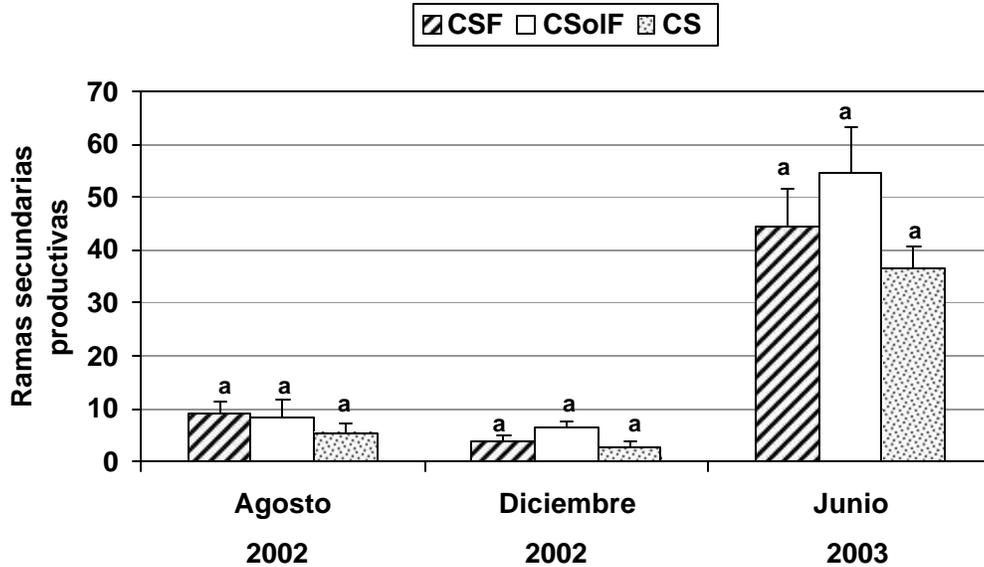


Figura 11. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.2.7 Ramas terciarias productivas

A medida que el cafeto incrementa su longevidad se producen cambios en el crecimiento y desarrollo como cualquier vegetal, uno de estos cambios es el producir ramas terciarias productivas que será la zona de mayor producción cuando las ramas primarias y secundarias hayan cesado su producción.

El resultado obtenido del análisis estadístico muestra que no existe diferencia significativa entre los sistemas para esta variable tanto en el mes de Agosto del 2002 ($Pr = 0.3927$) como en Diciembre de este mismo año ($Pr = 0.1679$). En Agosto 2002 el café bajo sombra sin fertilizante (CS) no presenta ramas terciarias productivas y la diferencia numérica entre el sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF) y el sistema café a pleno sol (CSolF) fue mínima (CSF con 0.25 ramas terciarias productivas y CSolF con 0.13 ramas terciarias productivas).

En el mes de Diciembre 2002 los sistemas bajo sombra con y sin fertilización (CSF y CS) no presentaron ramas terciarias productivas sólo el sistema a pleno sol con fertilizante presentó ramas terciarias productivas con un valor de 0.38.

Para Junio 2003 se presenta diferencia significativa ($Pr = 0.0303$) obteniendo el mayor promedio el sistema café a pleno sol (CSolF) con 6 ramas terciarias productivas, seguido del café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 3.38 ramas terciarias productivas y el menor el sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 2.25 ramas terciarias productivas (Figura 12).

El sistema que presentó el mayor aumento en ramas terciarias productivas fue el café a plena exposición solar (CSolF) con 5.88 y el menor el sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 2.25 entre el primero y último muestreo.

Esta respuesta se debe principalmente a que el cultivo se encontraba en su primer año de producción y la generación de esta variable biofísica aumentará con la edad de las plantas de cafeto.

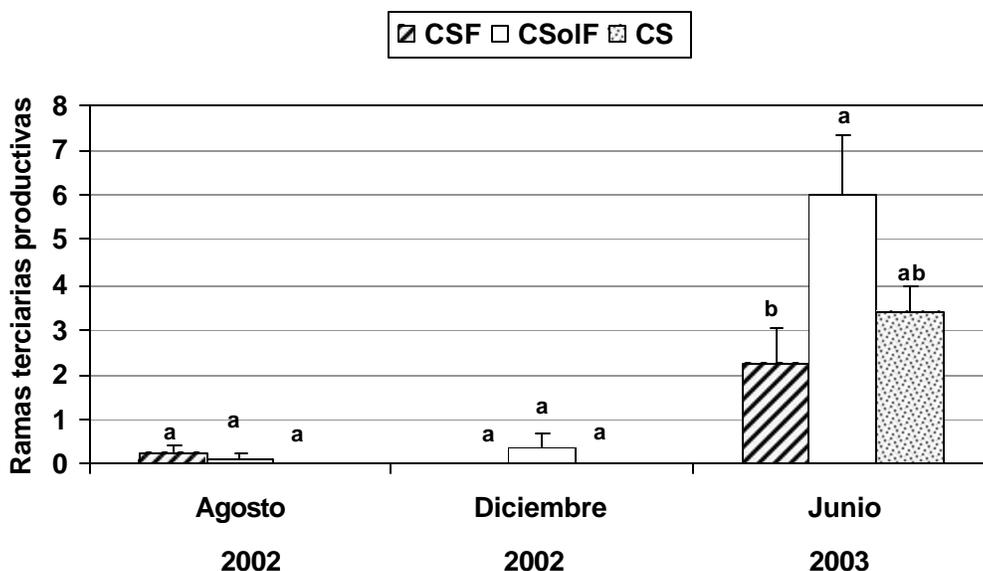


Figura 12. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

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

3.3.1 Biomasa seca de raíces (g pta^{-1})

La raíz constituye un órgano básico de los vegetales (Henaó, 1982). Está constituido por una raíz principal o pivotante, por raíces axilares y laterales y por una cantidad abundante de raicillas que constituyen la cabellera, este sistema además de absorber agua, conducen los nutrimentos minerales, para anclar y sostener la parte aérea de la planta (ISIC, 1977), sirve también de almacenamiento y de síntesis de muy variados compuestos de importancia en el metabolismo de la planta (Fournier, 1988b).

El análisis estadístico realizado para la biomasa de raíces de la planta de café establece que existe diferencia significativa ($\text{Pr} = 0.0065$) entre los sistemas de manejo para el mes de Agosto del 2002 obteniendo el mayor promedio el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) con $326.13 \text{ g pta}^{-1}$ (21.75 %), seguido del café a plena exposición solar (CSolF) con $269.38 \text{ g pta}^{-1}$ (19.09 %) y el menor el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con $215.75 \text{ g pta}^{-1}$ (17.47 %) (Figura 13).

En el segundo y tercer momento no se encontró diferencia significativa, Diciembre 2002 ($\text{Pr} = 0.4541$) y Junio 2003 ($\text{Pr} = 0.5295$). La diferencia numérica presenta al sistema a plena exposición solar y fertilización (CSolF) con el mayor promedio con $391.75 \text{ g pta}^{-1}$ (21.57 %) y $517.11 \text{ g pta}^{-1}$ (18.75 %) respectivamente en cada uno de los meses, seguido del café bajo sombra sin fertilización (CS) con $371.63 \text{ g pta}^{-1}$ (22.61 %) y $485.63 \text{ g pta}^{-1}$ (20.43 %) y el menor promedio en cada mes fue el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con $349.38 \text{ g pta}^{-1}$ (18.88 %) y 467.8 g pta^{-1} (19.69 %) respectivamente (Anexo 1 y 2).

Los porcentajes representan el aporte del órgano con respecto al total de la planta en el sistema

Entre el mes de Agosto 2002 y Junio 2003 el sistema que incrementó más la biomasa seca de raíces fue el café bajo sombra y fertilización (CSF) con $252.05 \text{ g pta}^{-1}$ y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) con 159.5 g pta^{-1} .

Esto se relaciona directamente a la fertilización y la sombra, ya que el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) siempre obtuvo el menor promedio en Agosto y Diciembre, pero obtuvo el mayor incremento ya que la materia orgánica y la fertilización interactúan en el crecimiento radicular del café, este sistema presentó el mayor porcentaje de materia orgánica y nitrógeno (Tabla 1) en el suelo, estos dos factores son unos de los más importantes para el desarrollo del sistema radicular. Henao (1982) afirma que la concentración y distribución del sistema radical del cafeto es directamente proporcional a la abundancia de materia orgánica del suelo. Esto es muy importante ya que en la materia orgánica se encuentra la mayor cantidad de nitrógeno (Vaast y Snoeck, 1999) y este es el constituyente básico de importancia en las moléculas orgánicas, claves para el crecimiento y desarrollo de los vegetales (García, 2001).

Carvajal (1984) afirma que la cobertura muerta que se transforma en materia orgánica mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, además de mantener mayor cantidad de agua, control de la erosión y otras, estas permiten un mejor desarrollo radicular manteniéndolas turgentes y proliferándolas lo que acelera el crecimiento. Por otro lado Franco (1958) citado por Maestri y Barros (1981) al estudiar el crecimiento de las raíces en materia seca acumulada en condiciones controladas encontró que las temperaturas altas tienen un efecto más directo que las temperaturas bajas, esto es muy importante ya que los sistemas a pleno sol al estar expuesto mayormente el suelo a la radiación solar directa aumenta la evaporación de agua y consigo la temperatura del suelo.

Salvesen (1996) afirma que la hojarasca que se produce en los cafetales tradicionales en Centro América forma una capa de desechos orgánicos ayudando a reducir la evaporación, contribuyen a reducir la erosión y controlan las malezas.

3.3.2 Biomasa seca de tallo (g pta⁻¹)

El tallo del cafeto es de una estructura leñosa, de buena consistencia (ISIC, 1977) su función es la de sostener las ramas plagiotrópicas, la de conducir la savia bruta y elaborada. (Henaó, 1982) y (FNC, 1969)

El análisis de varianza demuestra que existe diferencia significativa ($Pr = 0.0165$) entre los sistemas en el mes de Agosto 2002, obteniendo el sistema café a plena exposición solar (CSolF) el mayor promedio de biomasa en el tallo con 266.13 g pta⁻¹ (18.82 %), seguido del café bajo sombra sin fertilización (CS) con 249.25 g pta⁻¹ (16.62 %) y el menor el sistema café bajo sombra y fertilización química (CSF) con 223.25 g pta⁻¹ (18.08 %), para el mes de Diciembre 2002 no existe diferencia significativa ($Pr = 0.1309$) pero el mayor promedio lo obtuvo el mismo sistema (CSolF) con 363.13 g pta⁻¹ (19.95 %), seguido del sistema café bajo sombra con fertilización (CSF) con 363.13 g pta⁻¹ (19.19 %) y el menor el sistema bajo sombra sin fertilización (CS) con 323.50 g pta⁻¹ (19.68 %) (Figura 13).

Para el mes de Junio del 2003, igual al muestreo anterior no existe diferencia estadística ($Pr = 0.8123$) solo numérica ubicando al sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con el mayor promedio 496.03 g pta⁻¹ (20.87 %) y el menor al sistema café a plena exposición solar (CSolF) con 472.10 g pta⁻¹ (17.11 %) (Anexo 1).

El mayor incremento en biomasa seca de tallo lo presentó el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 272.78 g pta⁻¹ y el menor aumento el sistema café a plena exposición solar con 205.97 g pta⁻¹, esto está directamente relacionado con la altura de planta ya que estos sistemas presentaron el mayor y menor aumento respectivamente.

3.3.3 Biomasa seca de ramas (g pta^{-1})

Las ramas o bandolas es el principal órgano de la planta de café asociada a la productividad ya que en ellas se encuentran las yemas que darán flores y posteriormente los frutos. En las ramas se almacenan y movilizan los carbohidratos que se encuentran correlacionados en la producción de más hojas y retener más frutos (Briceño y Arias, 1992).

Al evaluar la biomasa seca de ramas se encontró que no existe diferencia significativa en los tres momentos de muestreo (Agosto 2002 $\text{Pr} = 0.4559$, Diciembre 2002 $\text{Pr} = 0.2593$ y Junio 2003 $\text{Pr} = 0.1446$), la diferencia numérica establece que en el mes de Agosto el sistema café a plena exposición solar y fertilización (CSolF) obtuvo el mayor promedio con $252.23 \text{ g pta}^{-1}$ (17.88 %), seguido del café bajo sombra sin fertilizante (CS) con $248.48 \text{ g pta}^{-1}$ (16.57 %) y el menor para el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) $222.18 \text{ g pta}^{-1}$ (17.99 %), este mismo sistema (CSF) obtuvo el mayor promedio con $352.38 \text{ g pta}^{-1}$ (19.05 %) en el mes de Diciembre, seguido del café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con $338.89 \text{ g pta}^{-1}$ (18.62 %) y el menor lo obtuvo el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) con $295.19 \text{ g pta}^{-1}$ (17.96 %) (Figura 13).

En el mes de Junio 2003 no existe diferencia significativa entre los sistemas solo numérica siendo el sistema café a pleno sol (CSolF) con el mayor promedio con $583.76 \text{ g pta}^{-1}$ (21.16 %), seguido del café bajo sombra y fertilización (CSF) con $496.21 \text{ g pta}^{-1}$ (20.88 %) y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con $442.55 \text{ g pta}^{-1}$ (18.61 %) (Anexos 1 y 2).

El mayor aumento de biomasa seca de ramas en el ciclo de muestreo fue el sistema café a plena exposición solar con $331.53 \text{ g pta}^{-1}$ y el menor aumento lo obtuvo el sistema café bajo sombra sin fertilizante con $194.06 \text{ g pta}^{-1}$.

3.3.4 Biomasa seca de hojas (g pta⁻¹)

La hoja es otro órgano de gran importancia del cafeto y realiza tres funciones importantes para la vida de la planta; ellas son transpiración, fotosíntesis y respiración.

La materia seca del cafeto proviene de los procesos de fotosíntesis y respiración, que se realizan principalmente en las hojas (ANACAFE, 1998), es en este órgano donde más biomasa seca se acumula para realizar con eficiencia todos los procesos fisiológicos en conjunto con factores edafoclimáticos y ecofisiológicos que estimulan dicha producción.

La biomasa seca de hojas no presenta diferencia estadística significativa (Agosto Pr = 0.2250 y Diciembre 2002 Pr = 0.2381) pero si diferencia numérica, el mayor peso lo obtuvo el sistema de café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 529.34 g pta⁻¹ (35.31 %) en Agosto 2002, seguido del café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 440.60 g pta⁻¹ (31.24 %), el menor peso de Agosto 2002 lo obtuvo el sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 420.66 g pta⁻¹ (34.07 %); para Diciembre 2002 la mayor biomasa seca de hojas la presentó el café bajo sombra y fertilización (CSF) con 620.88 g pta⁻¹ (33.56 %), seguido del café a pleno sol y fertilización (CSolF) con 566.51 g pta⁻¹ (31.12 %) y el menor promedio 490.14 g pta⁻¹ (29.82 %) lo obtuvo café bajo sombra sin fertilizante (CS) (Anexos 1 y 2).

En el mes de Junio 2003 no se presentó diferencia estadística significativa (Pr = 0.3186) entre los sistemas pero sí numérica, obteniendo el sistema café a plena exposición solar (CSolF) el mayor promedio con 768.19 g pta⁻¹ (27.85 %), seguido del café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 663.66 g pta⁻¹ (27.92 %) y el menor el sistema café bajo sombra y fertilización química (CSF) con 640.04 g pta⁻¹ (26.93 %) (Figura 13).

El mayor incremento lo obtuvo el sistema café a plena exposición solar y fertilización (CSolF) con 327.59 g pta⁻¹ y el menor incremento lo obtuvo el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 134.32 g pta⁻¹.

3.3.5 Biomasa seca de frutos (g pta⁻¹)

Según León y Fournier (1962) citado por Arias (1982) señalan que el fruto del cafeto tiene al inicio un crecimiento lento, luego viene un período de rápido crecimiento hasta que el fruto alcanza su tamaño final, le sigue un período en el que el crecimiento está prácticamente detenido, se alarga ligeramente y finaliza cuando comienza a madurar. Entre los factores que se han citado como responsables del desarrollo del fruto están la temperatura, las reservas de carbohidratos, la luminosidad y el crecimiento del año anterior.

En el análisis estadístico realizado se observó que no existe diferencia estadística significativa en los tres meses de muestreo (Agosto 2002 Pr = 0.7096, Diciembre 2002 Pr = 0.8819 y Junio 2003 Pr = 0.1009). En el mes de Agosto 2002 el mayor promedio lo obtuvo el sistema a plena exposición solar (CSolF) con 182.16 g pta⁻¹ (12.92 %), seguido del café bajo sombra y fertilización (CSF) con 153.03 g pta⁻¹ (12.39 %) y el menor café bajo sombra sin fertilización (CS) con 146.24 g pta⁻¹ (9.75 %), para el mes de Diciembre 2002 el sistema que obtuvo el mayor promedio fue el café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 172.44 g pta⁻¹ (9.32 %), seguido del café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 163.18 g pta⁻¹ (9.93 %) y el menor el café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 159.80 g pta⁻¹ (8.78 %).

En el mes de Junio 2003 el sistema de café a plena exposición solar y fertilizante (CSolF) obtuvo el mayor promedio con 417.33 g pta⁻¹ (15.13 %), seguido del café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 307.26 g pta⁻¹ (12.92 %) y el menor lo presentó el sistema café bajo sombra y Fertilizante (CSF) con 276.4 g pta⁻¹ (11.63 %) (Anexos 1 y 2).

Al estimar el incremento en biomasa seca de frutos el sistema que presentó mayor aumento lo fue el sistema café a plena exposición solar y fertilización (CSolF) con 235.17 g pta⁻¹ y el menor aumento lo obtuvo el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 123.37 g pta⁻¹ (Figura 13).

El comportamiento porcentual de la biomasa seca en los distintos componentes de la planta de café demuestra que las hojas es donde más biomasa seca se acumula, independientemente del sistema de manejo porque es en las hojas donde ocurren los procesos fisiológicos tan importantes para el crecimiento y desarrollo de la planta; Vasudeva, *et al.*(1973) citados por Guevara (1988) afirma que las hojas son el principal órgano que produce y acumula materia seca en el cafeto; el órgano que acumuló menos materia seca fueron los frutos esto se debe principalmente porque en el año 2002 fue el primer año de cosecha y en el 2003 los frutos no se encontraban en su completo desarrollo; además el ISIC (1983) afirma que la producción de frutos de las plantas de café va en aumento año tras año hasta el séptimo, lo que determina que con otros años de estudio esta producción de biomasa seca va ser superior que otros componentes de la planta.

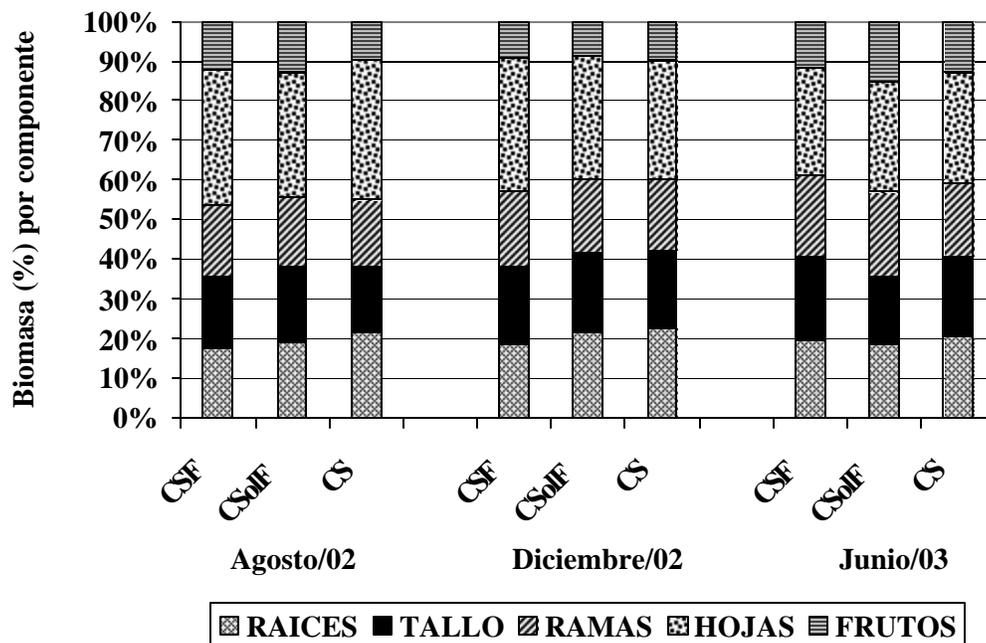


Figura 13. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (%) en la planta de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.4 Efecto de los sistemas de manejo sobre la acumulación y comportamiento del nitrógeno en plantas de café.

Bornemisza (1982) citado por Fournier (1988a) menciona que el nitrógeno es el nutrimento más importante para la planta de café.

Es un elemento que el café requiere en mayor proporción para lograr su normal desarrollo (Hena, 1982). Entre las funciones del nitrógeno se destacan: 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). Este elemento excita la producción de hojas y es absorbido mucho por el café en los primeros años de vida (FNC, 1969).

En el mes de Agosto 2002 los sistemas de manejo presentaron diferencia estadística significativa, en los órganos raíces (Pr = 0.0084), tallo (Pr = 0.0023), ramas (Pr = 0.0472) y hojas (Pr = 0.0177); no se registró diferencia estadística significativa en el componente frutos. El sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) fue el que acumuló mayor cantidad de nitrógeno en las raíces con 6.00 g N pta⁻¹ (19.73 %), tallo 2.47 g N pta⁻¹ (8.11 %) y hojas 15.83 g N pta⁻¹ (52.02 %); en las ramas 3.68 g N pta⁻¹ (12.92 %) y en el componente frutos 4.03 g N pta⁻¹ (14.12 %) en el sistema café a plena exposición solar (CSolF) (Anexo 4 y Figura 14).

Los menores contenidos de nitrógeno en raíces 3.75 g N pta⁻¹ (17.72 %), tallo 1.83 g N pta⁻¹ (8.64 %), ramas 2.76 g N pta⁻¹ (13.01 %), y hojas 9.68 g N pta⁻¹ (45.68 %) lo obtuvo el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF); el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) presentó el menor contenido para el órgano frutos 2.82 g N pta⁻¹ (9.28%).

Los porcentajes representan el aporte del órgano con respecto al total de la planta en el sistema

De manera general para el mes de Agosto del 2002 el sistema que presentó la mayor extracción de nitrógeno fue el café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 30.42 g N pta⁻¹, seguido del café a plena exposición solar y fertilización (CSolF) con 28.50 g N pta⁻¹ y el menor el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 21.19 g N pta⁻¹; el compartimiento de la planta de café que extrajo más nitrógeno fueron las hojas y el que acumuló menos fue el tallo en los tres sistemas para este mes (Anexo 4)

Para el mes de Diciembre 2002 no se estableció diferencia estadística entre los sistemas de manejo en todos los órganos de la planta (Raíces Pr = 0.2461, Tallo Pr = 0.0797, Ramas Pr = 0.1517, Hojas Pr = 0.3754 y Frutos Pr = 0.6580). La extracción de nitrógeno por sistema presenta al café bajo sombra y fertilizante (CSF) el mayor promedio con 35.67 g N pta⁻¹, seguido del café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con 35.43 g N pta⁻¹ y el menor al sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 31.45 g N pta⁻¹ (Anexo 4).

En Junio del 2003 no se determinó ninguna diferencia estadística entre los sistemas de manejo en todos los órganos (Raíces Pr = 0.8813, Tallo Pr = 0.2947, Ramas Pr = 0.0618, Hojas Pr = 0.4311 y Frutos Pr = 0.2852), solo se encontró diferencia numérica; la extracción de nitrógeno por sistema presenta al café a plena exposición solar (CSolF) con la mayor acumulación 52.85 g N pta⁻¹, seguido del café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 46.26 g N pta⁻¹ y la menor para el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 44.67 g N pta⁻¹ (Anexo 4).

El efecto de los sistemas en el mes de Agosto del 2002 se debe a la alta disponibilidad de nitrógeno que tenían los dos sistemas y la alta cantidad de materia orgánica ya que esta es la principal fuente de nitrógeno asimilable por la planta de café, es importante señalar que la extracción del nitrógeno para este mes esta relacionada con la cantidad de materia seca producida en el proceso de fotosíntesis por la planta en cada sistema ya que los órganos de planta que presentaron el mayor promedio de materia seca fueron los mismos para la extracción de nitrógeno.

La concentración del nitrógeno por componente de la planta de café demuestra que las hojas es el órgano donde más se concentra este elemento entre 3.08 % y 2.30 %, no obstante, es en el tallo donde se concentra menos entre 0.99 % y 0.79 %, está relacionado a la constitución del tejido vegetal lignificado, en el compartimiento ramas se encontró entre 1.54 % y 1.24 %, en las raíces entre 1.95 % y 1.66 %, en los frutos entre 2.73 % y 1.46 % (Anexo 3).

Estos resultados se corrobora con los de Segura (1994a) demostrando que los cafetos cultivados bajo sombra regulada bajo tres diferentes niveles de fertilización presentaron el mayor porcentaje de nitrógeno en las hojas, Chaves 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 términos generales el sistema que extrajo la mayor cantidad de nitrógeno fue el café a plena exposición solar (CSolF) con $116.78 \text{ g N pta}^{-1}$, seguido por el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con $106.54 \text{ g N pta}^{-1}$ y el menor el café bajo sombra y fertilizante (CSF) con $103.12 \text{ g N pta}^{-1}$.

Este comportamiento se debe también a la radiación solar que recibe el café a pleno sol, por tal razón estas plantas trabajan mas y absorben más nutrientes, la energía producida tiene gran significado en la ecofisiología de la planta para la producción de carbohidratos necesarios para el metabolismo de la planta, estos resultados se corresponden con los recopilados por Henao (1982) de varios autores afirmando que a pleno sol el cafeto acumula más nitrógeno lo mismo encontró Carelli y Fahl (2000) al estudiar el crecimiento y asimilación de nutrientes del cafeto al sol y bajo sombra encontrando que el café asimilo una menor cantidad de nitrógeno en plantas cultivadas bajo sombra.

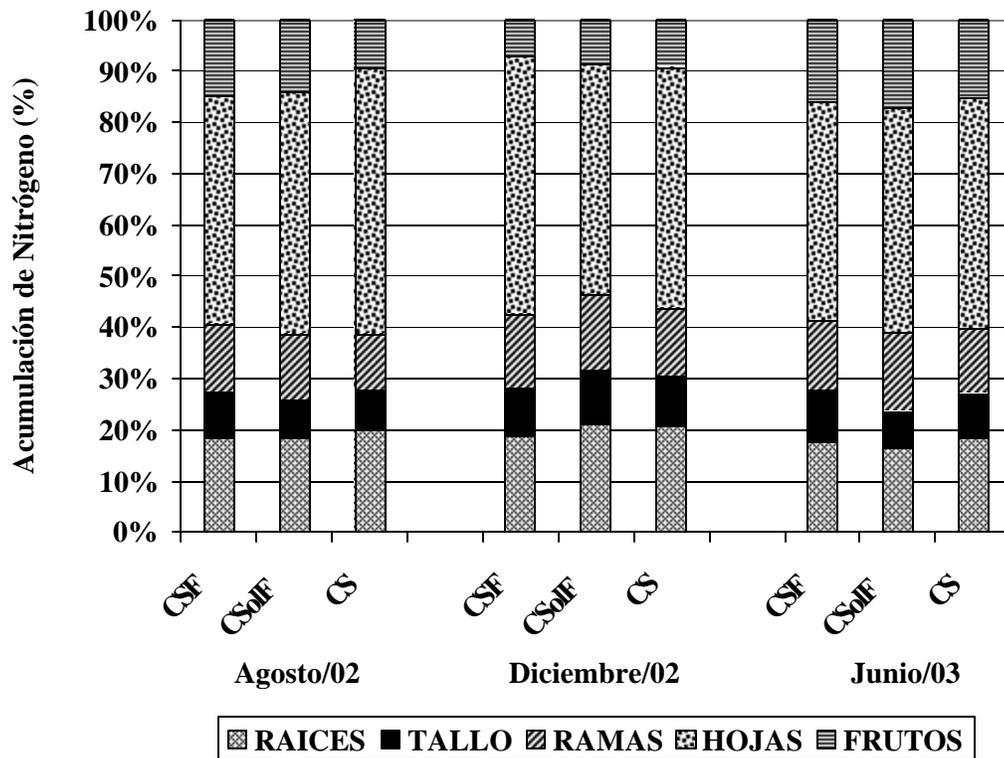


Figura 14. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución (%) del nitrógeno en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.5 Efecto de los sistemas de manejo sobre el rendimiento (kg de café oro ha⁻¹)

El rendimiento del café es una variable de tipo cuantitativo de mucha importancia desde el punto de vista económico para los productores de café. El potencial productivo de todas las especies o variedades es un extremo variable, el cafeto está sometido a una alternancia de producción, el período de plena productividad es mas o menos largo ya que su duración está influenciado por numerosos factores: Medio ecológico, métodos de cultivo, estados sanitarios y cuidados (Coste, 1969). La interrelación entre componentes genéticos, ambientales y de manejo influyen en la fenología y en las modificaciones que muestran las plantas de café durante su vida (Jaramillo y Valencia, 1980).

El sistema que obtuvo el mayor rendimiento fue el café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 438 kg oro ha⁻¹ seguido del sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) con 402 kg oro ha⁻¹ y el menor el sistema a plena exposición solar (CSolF) con 355 kg oro ha⁻¹ (Figura 15).

Este resultado obedece al crecimiento del año anterior, el microclima favorable y el aporte de nutrientes de los árboles de sombra, ya que en el año anterior no se presentaron las condiciones que se le brindaron en el año de estudio. Estos resultados son semejantes a los expresados por Arias (1982) afirmando que la luminosidad que recibe la planta de café afecta el desarrollo de los frutos sobre todo desde el punto de vista del suministro de carbohidratos, ya que una deficiente actividad fotosintética no puede soportar el desarrollo de una buena cosecha.

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 (Segura, 1994b) para obtener una mayor producción de frutos cuando el café se establezca a altitudes menores. El crecimiento del año anterior tiene influencia no tanto en el desarrollo del fruto sino más bien en la capacidad productiva de la planta ya que el volumen de la cosecha está determinado por el crecimiento del año anterior, del tejido nuevo de las ramas plagiotrópicas (Arias, 1982).

El sistema de café a plena exposición solar tuvo mayor número de ramas primarias, secundarias y terciarias productivas en general, pero no tuvo el mayor rendimiento, se observó que los frutos cosechados al sol eran pequeños y dañados comparados con los frutos a la sombra, esto concuerda con lo expresado por Alpízar (1988) al decir que el efecto de la sombra sobre la fructificación en comparación al sol reporta una obtención de mayores porcentajes de frutos de buen tamaño, de la clase de exportación (17/64"), cuyas condiciones de sanidad respecto a daños de sol son mejores.

Fuera de la zona óptima, a elevaciones menores la producción de café al sol baja fuertemente debido al estrés por altas temperaturas y posiblemente daños por el viento, es por esto que la asociación con árboles para proyectar una sombra intermedia y moderar los extremos microclimáticos puede aumentar la producción con respecto al café bajo sol, siempre y cuando la competencia por nutrientes o agua no sea seria (Muschler, 1999), además la sombra mantiene la fertilidad del suelo, evita la deshidratación, el agotamiento acelerado de la planta, controla la temperatura del suelo y permite a la planta un mayor aprovechamiento de los nutrientes, conservar la humedad del suelo y evita la pérdida de nitrógeno del suelo. (Muñoz, 1997). Por otra parte (Ramírez, 1993) establece que el uso de la sombra regulada en el cafetal permite su explotación con el empleo de niveles bajos de fertilizantes y en algunos casos sin el uso de estos.

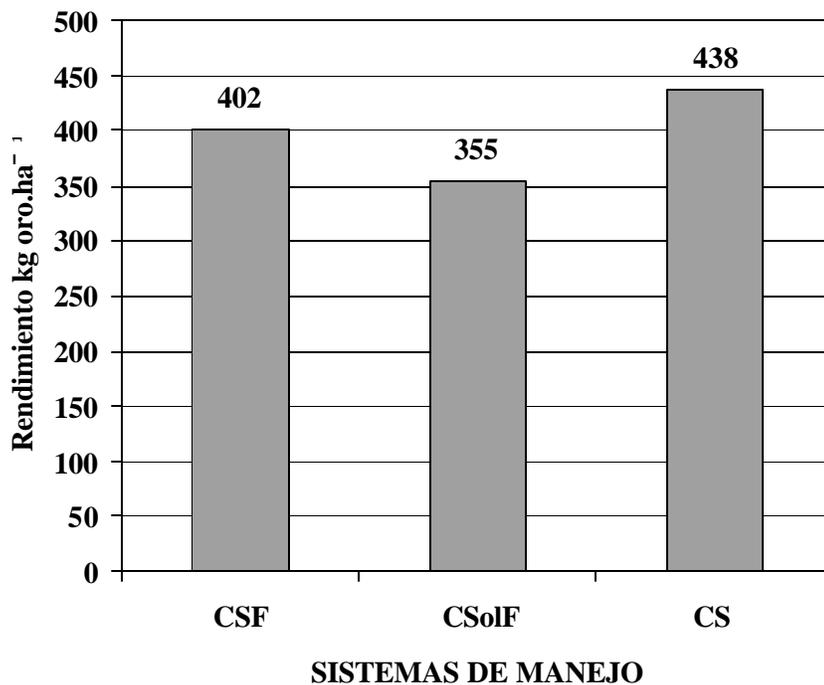


Figura 15. Efecto de los sistemas sombra, sol y fertilización sobre el rendimiento (kg oro ha⁻¹) en cafetos. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.6 Efecto de la sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas y organolépticas del grano de café

Nicaragua tiene uno de los mejores cafés del mundo, la calidad es la mejor arma para enfrentar la crisis cafetalera ya que el consumo de café de alta calidad esta aumentando y al mismo tiempo existe un bajo suministro de café de alta calidad, en la conferencia anual de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), se indica que el mercado está dispuesto a pagar su precio; también que quiere el producto certificado orgánico, producido bajo sombra, amigo de los pájaros y en la línea del comercio justo (Katzeff, 2001).

Según la Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia (1986) citado por Mejia y Robles (1993) establecen que a nivel general se clasifican cuatro grandes calidades de café, cafés suaves, otros suaves, cafés fuertes y cafés robusta, cada uno representa el 15.9%, 26%, 35.5% y 22.6% de la producción mundial respectivamente.

La calidad del café depende de la especie botánica, bondad de la naturaleza (suelo, clima, altura, etc.), los métodos y manejos del cultivo, los procedimientos del café en el beneficio, la clasificación en el beneficio seco y las condiciones de almacenaje y transporte (Katzeff, 2001; Rodas, 1996; Mejia y Robles, 1993; Wintgens, 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 se determina evaluando una serie de características definidas entre las cuales están las físicas como: el tamaño, humedad, aspecto, tostado y defectos de los granos.

El tamaño es indicado por el ancho y espesor del grano y se mide en cribas con medidas en 1/64"; 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 color e uniformidad; el tostado o apariencia del grano 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.

El resultado del análisis realizado a las muestras de café en tres diferentes cosechas que se enviaron a CERCAFENIC demostró que el tamaño del grano de café fue $\geq 16/64''$, en la cosecha tres tuvo mayor porcentaje en el café bajo sombra sin fertilización (CS) con 76.85%, en la cosecha cuatro el mayor porcentaje fue para el café bajo sombra con fertilización (CSF) con 36.99% y para la última cosecha fue el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 71.60% con granos $\geq 16/64''$.

Esto nos indica que el café se beneficia de la sombra proporcionando granos de café $\geq 16/64''$, también demuestra que las cosechas influyen sobre el porcentaje del tamaño del grano ya que en la tercera y quinta cosecha el porcentaje de granos $\geq 16/64''$ fueron mayores que en la cuarta (Tabla 7), existiendo para tales casos una respuesta fisiológica de la planta para la formación de frutos grandes, estos resultados son similares a los reportados por Fernández y Muschler, (1999); Wintgens, (1992); Alpizar, (1988); Fournier, (1988a y 1988b); Cumba, (1987); ISIC (1983) reafirmando el efecto de la sombra sobre la obtención de mayores porcentajes de frutos de buen tamaño de la clase de exportación.

La humedad de los granos fue variable ya que esta no depende del efecto de los sistemas de manejo, sino del tratamiento del secado que se le brinda al grano, esto está en dependencia de la persona que realiza esta labor y de las condiciones climáticas presentes al momento de esta acción.

El aspecto o apariencia del grano en oro muestra que los granos en el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) en las cosechas tres y cinco se clasificó como regular disperejo, en la tercera y cuarta cosecha el sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF) el grano de café obtuvo un aspecto imperfecto disperejo, para la quinta cosecha los sistemas de café al sol y bajo sombra los dos con fertilización (CSolF y CSF) se clasificaron como bueno regular; en general el café bajo sombra sin fertilizante (CS) mantiene el aspecto del grano, el café a pleno sol (CSolF) es variable su aspecto y el café bajo sombra con fertilizante (CSF) mantiene su aspecto en la tercera y cuarta, y mejora para la última cosecha el aspecto del grano (Tabla 7).

En el tostado o apariencia del grano tostado se encontró que en la tercera y cuarta cosecha los sistemas al sol y bajo sombra con fertilización (CSolF y CSF) varió su clasificación y el sistema bajo sombra sin fertilizante (CS) mantuvo su tostado de grano como regular disperejo; en la última cosecha los tres sistemas obtuvieron la misma clasificación (Tabla 7), en general los granos de café obtenidos en las tres cosechas y en los tres sistemas no difieren entre sí para este carácter.

Se observa que los defectos de los granos en el sistema café bajo sombra con fertilización (CSF) tienden a disminuir conforme el número de cosecha, en los otros dos sistemas café a pleno sol y bajo sombra sin fertilizante (CSolF y CS) la tendencia de los defectos es parecida a la presentada por el tamaño de frutos $\leq 15/64''$ comportándose como una curva.

Tabla 7. Influencia del sol, sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas del grano de café.

Cosecha y Sistema.	Características físicas				
	Tamaño	Humedad	Aspecto	Tostado	Defectos
C3-CSF	20 al 16 el 66.25% 15 al 13 el 33.75%	8.14%	Imperfecto Disparejo	Regular	35.2 defectos 9%
C3-CSolF	20 al 16 el 70.90% 15 al 13 el 29.10%	7.74%	Regular Disparejo	Regular Disparejo	14.6 defectos 3.65%
C3-CS	20 al 16 el 76.85% 15 al 13 el 23.15%	8.14%	Regular Disparejo	Regular Disparejo	16.4 defectos 4.65%
C4-CSF	20 al 16 el 36.99% 15 al 13 el 63.01%	7.74%	Imperfecto Disparejo	Regular Disparejo	43.6 defectos 6.9%
C4-CSolF	20 al 16 el 35.20% 15 al 13 el 64.80%	7.74%	Imperfecto Disparejo	Regular	27.6 defectos 8.10%
C4-CS	20 al 16 el 33.60% 15 al 13 el 66.40%	7.94%	Regular Imperfecto	Regular Disparejo	51 defectos 13.7%
C5-CSF	20 al 16 el 69% 15 al 13 el 31%	8.14%	Bueno Regular	Regular	16.6 defectos 4.3%
C5-CSolF	20 al 16 el 71.45% 15 al 13 el 28.55%	8.14%	Bueno Regular	Regular	28.6 defectos 6.95%
C5-CS	20 al 16 el 71.60% 15 al 13 el 28.40%	7.94%	Regular Disparejo	Regular	20 defectos 6%

Fuente: UNICAFE-CERCAFENIC, 2004.

3.6.2 Características organolépticas

Para evaluar correctamente la calidad del café, no sólo se evalúan sus caracteres físicos, por lo cual es imprescindible catarlo para determinar sus cualidades organolépticas, el aroma, acidez, cuerpo, licor y taza que se conocen al oler y saborear la infusión, es la fase de la calificación donde es mas importante la habilidad personal y experiencia del catador.

El aroma es la primera calidad de la taza 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; 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; el licor es la conjugación del cuerpo, la acidez y la fineza de la taza; y la taza es la conjugación del aroma, la acidez, el cuerpo, el licor y fineza de la infusión.

El resultado del análisis organoléptico, realizado en el laboratorio de CERCAFENIC, se condensa en la tabla 8. Se observa que en la tercera y cuarta cosecha los caracteres de aroma, acidez, cuerpo y licor se clasificaron como regular en los tres sistemas de manejo. Para el carácter taza en la cosecha tres el sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF) se describió como verde, quakery, medio (V, Q, 1); el sistema café a plena exposición solar (CSolF) como agrio, verde, medio (AG, V, 1) y el café bajo sombra sin fertilizante (CS) como mohoso, medio (M, 1) (ver anexo 6 para conocer el significado de los términos). En la cuarta cosecha el café a pleno sol y fertilizante y el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CSolF y CS) se clasificaron como quakery, pronunciado (Q, 0) y el café bajo sombra con fertilizante (CSF) se determinó como limpia de daños (OK).

La quinta cosecha presenta como regular las cualidades organolépticas de aroma, acidez cuerpo y licor del sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF), para el café a plena exposición solar (CSolF) los caracteres de aroma y cuerpo se clasificaron como bueno regular, la acidez y el licor como regular; en el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) el aroma se determinó como bueno regular y los demás caracteres como regular (Tabla 8). El carácter taza se establece para los tres sistemas de manejo como una taza limpia de daños (OK).

El tipo de café se clasificó como imperfecto y la calidad como café lavado imperfecto para el sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF) en la cosecha tres, y los sistemas café a plena exposición solar y bajo sombra sin fertilizante (CSolF y CS) en la cosecha cuatro. En las cosechas tres y cinco de los sistemas café a pleno sol y bajo sombra sin fertilizante (CSolF y CS), y el sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF) en la cosecha cuatro y cinco la clasifican como GW y la calidad como café lavado Nicaragua. Según el MIFIC (1999) el café tipo lavado Nicaragua o GW (Good Washed) se produce en el pacífico de Nicaragua; a una altitud que varía de 450 a 750 msnm; de color verde claro; secado uniforme al sol o en guardiolas; con tamaño de 14/64 a 18/64 (5.57 a 7.14 mm) y un gusto en la taza regular tanto en su grado de acidez, cuerpo y aroma.

El mercado de café para su comercialización se clasificó como mercado bajo muestra (M) en el sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF) en la tercera cosecha, y los sistema café a pleno sol y bajo sombra sin fertilizante (CSolF y CS) en la cosecha cuatro; mercado para café dañado no toman en cuenta la taza (C) en los sistemas café a pleno sol y bajo sombra sin fertilizante (CSolF y CS) en la cosecha tres; y mercado menos exigente con regular taza (B) en el sistema café bajo sombra y fertilizante (CSF) en la cosecha cuatro y cinco, y los sistema a pleno sol y bajo sombra sin fertilizante (CSolF y CS) en la quinta cosecha.

De manera general el mejor café se produce bajo sombra con fertilizante independientemente de la cosecha originando un tipo GW, una calidad café lavado Nicaragua y una taza limpia de daños (OK) para el caso de este estudio. Estos resultados concuerda con Katzeff (2001), Figueroa *et al.* (2000), Rodas (1996), Mejia y Robles (1993), Wintgens (1992) y el ISIC (1983), indicando que la sombra puede provocar indirectamente mejor calidad en lo que respecta a las propiedades organolépticas al ayudar a una maduración más lenta y a las propiedades físicas aumentando el tamaño de los granos de café.

Tabla 8. Influencia del sol, sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características organolépticas del grano de café.

Cosecha y Sistema	Características Organolépticas					Tipo	Calidad
	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza		
C3-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	V/Q/1	IMPERF	Café Lavado Imperfecto
C3-CSolF	Regular	Regular	Regular	Regular	AG/V/1	GW	Café Lavado Nicaragua
C3-CS	Regular	Regular	Regular	Regular	M/1	GW	Café Lavado Nicaragua
C4-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua
C4-CSolF	Regular	Regular	Regular	Regular	Q/0	IMPERF	Café Lavado Imperfecto
C4-CS	Regular	Regular	Regular	Regular	Q/0	IMPERF	Café Lavado Imperfecto
C5-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua
C5-CSolF	Bueno Regular	Regular	Bueno Regular	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua
C5-CS	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua

Fuente: UNICAFE-CERCAFENIC, 2004.

IV. CONCLUSIONES

- El sistema de café a plena exposición solar con fertilizante presentó mayor diámetro del tallo y menor altura; generalmente este sistema tuvo menor proyección de copa y número de nudos en el tallo principal.
- La estructura productiva como el número de ramas secundarias y terciarias totales, número de ramas primarias, secundarias y terciarias productivas fueron superior en las plantas a plena exposición solar que bajo sombra con o sin fertilización.
- El órgano de la planta de café que acumuló en porcentaje más biomasa fue las hojas (entre 30.07% y 31.52%) y el que acumuló menos los frutos (entre 10.87% y 12.28%) independientemente del sistema de manejo y el momento de muestreo.
- La extracción de nitrógeno en porcentaje por componente de la planta de café, demuestra que las hojas es el componente que acumula más nitrógeno (entre 45.43% y 48.14%) que el resto de los órganos y la menor acumulación la obtuvo el tallo (entre 8.25% y 9.22%) independientemente del sistema de manejo y el momento de muestreo.
- Se puede afirmar que la radiación solar tiene influencia sobre la biomasa seca y la extracción de nitrógeno en plantas de café en pleno crecimiento y producción ya que los valores encontrados del café a pleno sol con fertilizante supero a los sistemas bajo sombra con y sin fertilizante.
- Con los resultados obtenidos del rendimiento se puede afirmar que el uso de sombra regulada en el cafetal permite su explotación sin el empleo de fertilizantes químicos aumentando la productividad en un 8% comparado si aplicamos fertilizante bajo sombra y 19% comparado a pleno sol con fertilización.

- Cuando no se aplican niveles de fertilizantes químicos, el aporte de nutrientes ya sea por caída de hojarasca y ramas; y la fijación biológica del nitrógeno por parte del árbol de sombra tiene una gran importancia.
- El manejo del café bajo sombra influye sobre las características físicas y organolépticas de los granos de café independientemente del número de la cosecha proporcionando tamaño grande de frutos (>16/64?) y mejor taza (OK).

V. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones similares tomando en cuenta otras variables como área foliar, radiación fotosintética activa (RAFA), número de nudos productivos en las ramas, número de frutos por nudo productivo y relacionarlas con la ecofisiología y rendimiento de la planta.
- Realizar estudios para determinar la calidad del café en otros ambientes, con variedades y sistemas de manejos diferentes donde se cultiva café en Nicaragua.
- Estudiar el efecto de la distancia entre el árbol de sombra y el cafeto, y los porcentajes de sombra para determinar si existe efecto sobre el rendimiento y la calidad del café.
- Adicionar los resultados obtenidos, con los trabajos de descomposición de hojarasca y lixiviación de nitratos que realizan estudiantes de la UNA para verlo como un sistema completo y compararlos con las investigaciones similares que se ejecutan en Guatemala con *Inga sp* y en Costa Rica con *Erythrina poeppigiana*.
- Continuar con esta investigación para proponer un sistema de manejo ya que se debe tomar en cuenta la bianualidad del café.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

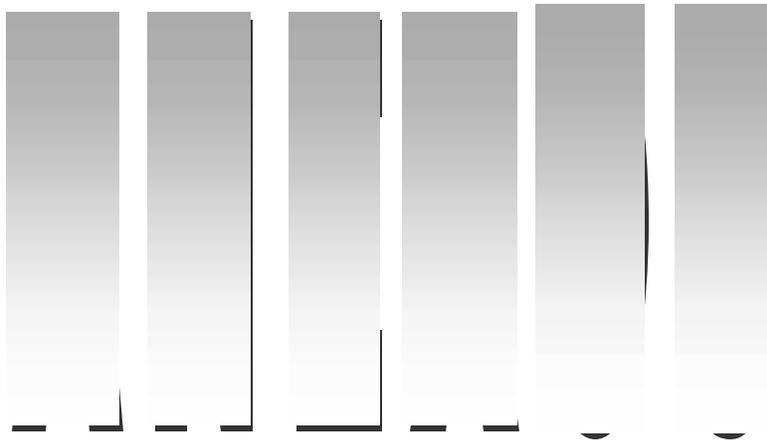
- Aguilar, C. A. 2000. Evaluación de Sistemas Agroforestales con café asociados con *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* e implicaciones metodológicas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 73 p.
- Aguilar, G. 1995. Variedad Costa Rica 95. ICAFE. 1ra Edición. San José, Costa Rica. 30 p.
- Aguilar, B. V. 1993. Effects of soil cover and weed management in a coffee plantation in Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Uppasala, SE, SLU. 55 p
- Alpizar, L. 1988. Interacción de café y otras plantas con especial referencia a la sombra de tipo permanente. *En*: curso regional sobre nutrición mineral del café. IICA/PROMECAFE. San José, Costa Rica. p 55 – p 82.
- Alvim, P de T. 1962. Fisiología del Cafeto. Vida Agrícola. Perú V. 39. p 633 – p 647.
- Arias, M. O. 1982. Algunos aspectos sobre fisiología de crecimiento y desarrollo del cafeto. *En*: Curso de Caficultura para técnicos. ANACAFE, CATIE. Guatemala. p 66 – p 79.
- Arias, S. G; Arias, M. O; Gutiérrez, Z. G. 1976. Relaciones entre las características morfológicas y la producción en cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.). MAG-UCR. Costa Rica. 2 p.
- ANACAFE (Asociación Nacional de Caficultores). 1998. Manual de caficultura. 3era. Edición. Guatemala. 317 p.
- Beer, J. 1997. Café bajo sombra en América Central: ¿hace falta mas investigación sobre este sistema Agroforestal exitoso?. *Agroforesteria en las Americas*. 4 (13): 4-5.
- Bertrand, B; Aguilar, G; Santacreo, R; Anzuelo, F. 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 – p 456.
- Blanco, N. M. 1984. Cultivos Industriales. El café. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 209 p.
- Briceño, J. O. y Arias, O. E. 1992. Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) I. Crecimiento vegetativo y reproductivo de tres cultivares. *Agronomía Costarricense* 16 (1): 125-130.

- Carelli, M. L. y Fahl, J. I. 2000. 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. p 101 – p 108.
- Carvajal, J. F. 1984. Cafeto-Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. 2da. Edición. Berna, Suiza. 254 p.
- Coste, R. 1969. El Café. Primera Edición. San José, Costa Rica. 285 p.
- Chaves, A. V. y Molina, E. 2000. Extracción de nitrógeno en dos cultivares de café en Costa Rica. *En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*. Costa Rica. p 155 – p 165.
- Cisnero, D.B; Arias, V. J.E; Fonseca, C. C; Ramíres, M. G; Ramíres, R. J. E, Obando, J. J. J. 2000. Estudio del comportamiento Agroproductivo de los materiales genéticos caturra, variedad costa rica 95,catuai y catimor T-5175 en ocho zonas cafetaleras en Costa Rica. *En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*. Costa Rica. p 243 – p 250.
- Cumba, B. N. 1987. Sombra para Cafeto. CIDA. Agrotecnia de Cuba: Café y Cacao 6. La Habana, Cuba. 37 p.
- FNC (Federación Nacional de Cafetaleros). 1969. Manual del Cafetero Colombiano. 2da Edición. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 475 p.
- Fernández, C. E. y Muschler, R. G. 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 – p 96.
- Figueroa, S. P; Jiménez, O. H; Lopez de León, E y Anzuelo, F. 2000. Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas y físicas del café. *En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*. Costa Rica. p 493 – p 497.
- Finca San Francisco. 2002. Plan de Manejo Agronómico del Cultivo del Café. Carazo, Nicaragua. 15 p.
- 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): 131-146.
- _____. 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 – p 23.

- García, L. 2001. Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos. Texto básico. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 182 p.
- 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 – p 54.
- Henao, J. J. 1982. El café en Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 1ra Edición. Caracas, Venezuela. 288 p.
- ISIC (Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café). 1977. Manual Técnico del Cultivo del Café en El Salvador. Fondo Especial de Desarrollo. Nicaragua. 201 p.
- _____. 1983. Morfogénesis. *En: Curso Sobre fisiología del cafeto.* San Salvador, El Salvador. p 41 – p 54.
- Jaramillo, R. A. y Valencia, A. G. 1980. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchina, Colombia. CENICAFE 31 (4): 127-141 p.
- Katzeff, P. 2001. The coffee cuppers' manifesto. First Edition. Thanksgiving coffee company. California, USA. 84 p.
- Laboratorio de Suelos y Aguas. 2002. Análisis físico y químico de suelos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2 p.
- López, M y Ortega, G. 2002. La prensa. Polémica fiscal por la crisis cafetalera. Ed. 22856. 19/09/2002. Managua, Nicaragua. 20 p.
- Maestri, M. y Barros, R. S. 1981. Ecofisiología de cultivos tropicales: Café. IICA/PROMECAFE. Guatemala. 50 p.
- Marín, C. E. 1990. Estudios Agroecológicos y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario Región IV. MAG. Nicaragua. 242 p.
- Mendoza, V. R. 2002. La Paradoja del Café: el gran negocio mundial y la peor crisis campesina. 1ra. Edición. Managua, Nicaragua. 150 p.
- Mejía, A. E. y Robles, G. 1993. La calidad del café. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 13 p.
- MIFIC (Ministerio de Fomento Industria y Comercio). 1999. Norma técnica de café verde: Clasificación de calidades, determinación de materias extrañas y defectos. MIFIC. Managua, Nicaragua. 15 p.

- Muñoz, G. 1997. Importancia de la sombra en el cafetal. *Agroforestería en las Américas*. 4 (13): 25-29.
- Muschler, R. G. 1999. Sombra o Sol para un café sostenible: un enfoque de una vieja discusión. *Boletín PROMECAFE* 81. p 14 – p 16.
- Nosti, N. J. 1970. *Cacao y Café*. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 698 p.
- Ramírez, J. E. 1996. *Poda y Manejo de Coffea arabica L.* 1ra. Edición. Heredia, Costa Rica. 60 p.
- Ramírez, M. L. G. 1993. Producción de café bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de poro. *En: XVI Simposio sobre Caficultura Latinoamericana*. IICA/CONCAFE. Managua, Nicaragua. p 404 – p 408.
- Rodas, R. C. 1996. Control de la calidad del café. *En: Encuentro Intercontinental de Agroecología*. México. 21p.
- Sampers, K. M. 1999. Trayectoria y viabilidad de las caficulturas centroamericanas. *En: Bertrand, B; Rapidel, B. (Eds). Desafíos de la Caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA. p 1 – p 68.
- Salazar, A. J; Orozco, C. F; Clavijo, P. J. 1988. Características morfológicas, productivas y componentes del rendimiento de dos variedades de café: Colombia y Caturra. *CENICAFE* 39 (2): 43-60.
- Salvesen, D. 1996. Un dilema: el café se sol. *Abecafé*. 24 (10-12): 37-38 p.
- 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. *En: Informe anual de labores 1993. Convenio ICAFE-MAG*. Heredia, Costa Rica. p 17 – p 21.
- _____. 1994b. Cuantificación del aporte de materia seca y nutrimentos del material de poda en cafetales al sol y bajo sombra regulada. *En: Informe anual de labores 1993. Convenio ICAFE-MAG*. Heredia, Costa Rica. p 11 – p 16.
- Suárez de Castro, F.; Montenegro, L; Aviles, C; Moreno, M; Bolaños, M. 1961. Efecto del sombrío en los primeros años de vida de un cafetal. *Turrialba* 3 (10):81-102 p.
- Vasst, P y Snoeck, D. 1999. Hacia un manejo sostenible de la materia orgánica y de la fertilidad biológica de los suelos cafetaleros. *En: Bertrand, B; Rapidel, B. (Eds). Desafíos de la Caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA. p 139 – p 169.

- UNICAFE (Unión Nicaragüense de Cafe taleros). 2003. Pequeña producción del grano de oro beneficiada. *El Caficultor*. 2 (24): 17 p.
- UNICAFE-CERCAFENIC. 2004. Análisis de aspectos físicos y organolépticos de granos de café. Managua, Nicaragua 3 p.
- Wintgens, J. N. 1992. Factores que influyen la calidad del café. *En: XV Simposio Latinoamericano de Caficultura*. IICA-PROMECAFE. Xalapa, México. 33 p.
- Zamora, Q. L. 1998. Manual de Recomendaciones para el cultivo del Café. ICAFE. 1era. Edición. San José Costa Rica. 195 p.
- Zelaya, U. J y Sotelo, F. C. 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 p.



Anexo 1. Peso (g) de los diferentes compartimentos de la planta de café bajo tres sistemas de manejo y tres épocas de evaluación

Sistema de Manejo	Componente	Gramos (g) por planta de biomasa seca.		
		Agosto/02	Diciembre/02	Junio/03
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	215.75	349.38	467.80
	Tallo	223.25	355.25	496.03
	Ramas	222.18	352.38	496.21
	Hojas	420.66	620.88	640.04
	Frutos	153.03	172.44	276.4
	Total	1234.87	1850.33	2376.48
Café a pleno sol y Fertilización (CSoIF)	Raíces	269.38	391.75	517.11
	Tallo	266.13	363.13	472.10
	Ramas	252.23	338.89	583.76
	Hojas	440.60	566.51	768.19
	Frutos	182.16	159.80	417.33
	Total	1410.50	1820.08	2758.49
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	326.13	371.63	485.63
	Tallo	249.25	323.50	478.23
	Ramas	248.48	295.19	442.55
	Hojas	529.34	490.14	663.66
	Frutos	146.24	163.18	307.26
	Total	1499.44	1643.64	2377.33

Anexo 2. Porcentajes por componente de la planta de café bajo tres sistemas de manejo y tres momentos de evaluación

Sistema de Manejo	Componente	Porcentajes (%) de biomasa seca.			
		Agosto/02	Diciembre/02	Junio/03	Media
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	17.47	18.88	19.69	18.68
	Tallo	18.08	19.19	20.87	19.38
	Ramas	17.99	19.05	20.88	19.31
	Hojas	34.07	33.56	26.93	31.52
	Frutos	12.39	9.32	11.63	11.11
	Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Café a pleno sol y Fertilización (CSoIF)	Raíces	19.09	21.53	18.75	19.79
	Tallo	18.87	19.95	17.11	18.64
	Ramas	17.88	18.62	21.16	19.22
	Hojas	31.24	31.12	27.85	30.07
	Frutos	12.92	8.78	15.13	12.28
	Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	21.75	22.61	20.43	21.59
	Tallo	16.62	19.68	20.12	18.81
	Ramas	16.57	17.96	18.61	17.71
	Hojas	35.31	29.82	27.92	31.02
	Frutos	9.75	9.93	12.92	10.87
	Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Anexo 3. Concentración del nitrógeno (%) por componente de planta de café en tres sistemas de manejo y en tres momentos de evaluación

Sistema de Manejo	Componente	Concentración de nitrógeno (%)		
		Agosto/02	Diciembre/02	Junio/03
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	1.74	1.92	1.74
	Tallo	0.82	0.93	0.91
	Ramas	1.24	1.46	1.28
	Hojas	2.30	2.90	3.08
	Frutos	2.07	1.46	2.73
	Total	8.17	8.67	9.74
Café a pleno sol y Fertilización (CSoIF)	Raíces	1.95	1.89	1.66
	Tallo	0.79	0.99	0.81
	Ramas	1.46	1.54	1.39
	Hojas	3.05	2.84	3.01
	Frutos	2.21	1.96	2.21
	Total	9.46	9.22	9.08
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	1.84	1.69	1.70
	Tallo	0.99	0.94	0.80
	Ramas	1.33	1.45	1.27
	Hojas	2.99	3.04	3.03
	Frutos	1.93	1.81	2.23
	Total	9.08	8.93	9.03

Anexo 4. Extracción de nitrógeno por compartimiento en plantas de café bajo tres sistemas de manejo y tres épocas de evaluación

Sistema de Manejo	Componente	Extracción de nitrógeno (g N pta ⁻¹)			
		Agosto/02	Diciembre/02	Junio/03	Total
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	3.75	6.71	8.14	18.6
	Tallo	1.83	3.30	4.51	9.64
	Ramas	2.76	5.14	6.35	14.25
	Hojas	9.68	18.00	19.71	47.39
	Frutos	3.17	2.52	7.55	13.24
	Total	21.19	35.67	46.26	103.12
Café a pleno sol y Fertilización (CSoIF)	Raíces	5.25	7.40	8.58	21.23
	Tallo	2.10	3.59	3.82	9.51
	Ramas	3.68	5.22	8.11	17.01
	Hojas	13.44	16.09	23.12	52.65
	Frutos	4.03	3.13	9.22	16.38
	Total	28.50	35.43	52.85	116.78
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	6.00	6.28	8.26	20.54
	Tallo	2.47	3.04	3.83	9.34
	Ramas	3.30	4.28	5.62	13.2
	Hojas	15.83	14.90	20.11	50.84
	Frutos	2.82	2.95	6.85	12.62
	Total	30.42	31.45	44.67	106.54

Anexo 5. Porcentajes de la extracción de nitrógeno por compartimiento en plantas de café bajo tres sistemas de manejo y tres épocas de evaluación

Sistema de Manejo	Componente	Extracción de nitrógeno en porcentajes (%)			
		Agosto/02	Diciembre/02	Junio/03	Media
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	17.72	18.8	17.59	18.04
	Tallo	8.64	9.26	9.76	9.22
	Ramas	13.01	14.42	13.73	13.72
	Hojas	45.68	50.46	42.61	46.25
	Frutos	14.95	7.06	16.31	12.77
	Total	100	100	100	100
Café a pleno sol y Fertilización (CSolF)	Raíces	18.43	20.89	16.24	18.52
	Tallo	7.38	10.14	7.23	8.25
	Ramas	12.92	14.73	15.35	14.33
	Hojas	47.15	45.39	43.74	45.43
	Frutos	14.12	8.85	17.44	13.47
	Total	100	100	100	100
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	19.73	19.96	18.49	19.39
	Tallo	8.11	9.68	8.57	8.79
	Ramas	10.86	13.61	12.58	12.35
	Hojas	52.02	47.37	45.02	48.14
	Frutos	9.28	9.38	15.34	11.33
	Total	100	100	100	100

Anexo 6. Términos usados para describir la taza del grano de café

Termino	Definición
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 sobremaduro 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.