

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

**EFEECTO DE LA SOMBRA Y FERTILIZACION SOBRE EL
CRECIMIENTO, ESTRUCTURA PRODUCTIVA,
RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CAFÉ (*Coffea arabica.*) vr.
COSTA RICA 95**

AUTORES:

**Br. DEYLING DODANY BALLADARES VALDIVIA
Br. JOSE MANUEL CALERO MORAGA**

ASESOR:

Dr. VICTOR AGUILAR BUSTAMANTE

MANAGUA, NICARAGUA

FEBRERO 2005

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL



TRABAJO DE DIPLOMA

**EFECTO DE LA SOMBRA Y FERTILIZACIÓN SOBRE EL
CRECIMIENTO, ESTRUCTURA PRODUCTIVA,
RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CAFÉ (*Coffea arabica.*) vr.
COSTA RICA 95**

AUTORES:

**Br. DEYLING DODANY BALLADARES VALDIVIA
Br. JOSE MANUEL CALERO MORAGA**

ASESOR:

Dr. VICTOR AGUILAR BUSTAMANTE

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

MANAGUA, NICARAGUA

FEBRERO 2005

DEDICATORIA

A **Dios** por darme la vida, sabiduría, y por estar en todo momento conmigo.

A mi madrecita querida, Sra. María Julia Valdivia, por traerme al mundo y darme su gran apoyo incondicional y, a mi padre, Sr. José Arístides Balladares que me enseñó a ser responsable, que trabajó muy duro para que pudiera ser un profesional y que hoy les cumplo con su sueño y el mío. Gracias padres.

A mi esposa Lingsay Chow y futuro hija, por servirme como inspiración y deseo de superación.

A mis hermanos, sobrinos y familiares, por su solidaridad y cariño.

Deyling Dodany Balladares Valdivia

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por darme fuerza, sabiduría y perseverancia en la culminación de mis estudios.

A mis padres que con mucho sacrificio me han brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria y por estar siempre a mi lado ayudándome a cumplir mis sueños.

A mis hermanas, porque han sido ejemplo de superación y esfuerzo para abrir surcos de esperanza a una vida llena de oportunidades.

José Manuel Calero Moraga

AGRADECIMIENTO

Al proyecto Sistemas Agroforestales de Café en Centro América (CASCA/UNA) financiado por la Unión Europea (INCO-DEV: ICA-CT-2001-10071) que apoyó para la realización de este estudio y muy especial a la Mag Sc. Glenda Bonilla Zúniga, coordinadora del proyecto en Nicaragua y al PhD. Phillipe Vaast, coordinador general.

A nuestro asesor Dr. Víctor Aguilar Bustamante, por su apoyo incondicional durante el proceso de realización 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 por brindarnos su apoyo en cada momento, durante el curso de estudio.

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

A las siguientes personas que de alguna manera nos apoyaron:

Agr. Gabriel López/CENIDA

Br. Sergio Ruíz.

Trabajadores de la UNA en la finca La Compañía, Carazo.

Deyling Dodany Balladares Valdivia

José Manuel Calero moraga

INDICE GENERAL

Sección	Página
DEDICATORIA 1	i
DEDICATORIA 2	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MATERIALES Y METODOS	5
2.1. Localización y descripción del área de estudio	5
2.2. Descripción del área experimental y muestreos	6
2.3. Manejo agronómico	11
2.4. Descripción de la variedad Costa Rica 95	13
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
3.1. Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento vegetativo del cafeto	15
3.1.1. Altura de tallo (cm)	15
3.1.2. Diámetro del tallo (mm)	17
3.1.3. Proyección de copa (m ²)	18
3.1.4. Nudos totales en el tallo	20
3.2. Efecto de los sistemas de manejo sobre la estructura productiva del cafeto	21
3.2.1. Ramas primarias totales	21
3.2.2. Ramas secundarias totales	23

sección	Página
3.2.3. Ramas terciarias totales	24
3.2.4. Ramas primarias agotadas o muertas	25
3.2.5. Ramas primarias productivas	26
3.2.6. Ramas secundarias productivas	28
3.2.7. Ramas terciarias productivas	29
3.3. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (g pta ⁻¹) en las plantas de cafeto	30
3.3.1. Biomasa seca de raíces (g pta ⁻¹)	30
3.3.2. Biomasa seca de tallo (g pta ⁻¹)	32
3.3.3. Biomasa seca de ramas (g pta ⁻¹)	33
3.3.4. Biomasa seca de hojas (g pta ⁻¹)	34
3.3.5. Biomasa seca de frutos (g pta ⁻¹)	35
3.4. Efecto de los sistemas de manejo sobre la acumulación y comportamiento del nitrógeno en plantas de cafeto	39
3.5. Efecto de los sistemas de manejo sobre el rendimiento (kg de café oro ha ⁻¹)	44
3.6. Influencia de la radiación solar, sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas y organolépticas del grano de café	46
3.6.1. Características físicas	47
3.6.2. Características organolépticas	51
IV. CONCLUSIONES	54
V. RECOMENDACIONES	56
VI. REFERENCIAS	58
VII. ANEXOS	63

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Página
1. Características físicas de los suelos de la finca San Francisco, Carazo 2002.	6
2. Características químicas de los suelos de la finca San Francisco, Carazo 2002.	6
3. Meses de aplicación, productos químicos y dosis de herbicidas utilizados en el cultivo del café .Finca San Francisco, Carazo del 2002 al 2004.	11
4. Momento, formulas y dosis de nutrientes edáficos aplicados al cultivo del café en las dos parcelas sometidas a fertilizantes. Finca San Francisco, Carazo del 2002 al 2004.	12
5. Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados al cultivo del café en los sistemas para el manejo de problemas fitosanitario. Finca San Francisco, Carazo del 2002 al 2004.	12
6. Características agroproductivas de la variedad Costa Rica 95.	14
7. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (g pta) en los componentes de la planta de café. Finca San Francisco, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	37
8. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (%) en los componentes de la planta de café. Finca San Francisco. Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	38

Tabla N°	Página
9. Efecto de la sombra y fertilización sobre la extracción de nitrógeno (g pta) en plantas de café. Finca San Francisco. Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	42
10. Efecto de la sombra y fertilización sobre la distribución (%) del nitrógeno en los diferentes componentes de las plantas de café. Finca San Francisco. Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	43
11. Relación entre la cosecha y características físicas del grano de café Finca San Francisco. Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	50
12. Relación entre la cosecha y características organolépticas del grano de café Finca San Francisco. Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	53

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.	5
2. Efecto de la sombra y fertilización sobre la altura (cm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	16
3. Efecto de la sombra y fertilización sobre el diámetro (cm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	18
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 de agosto del 2002 a junio 2004.	19
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 de agosto del 2002 a junio 2004.	21
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 de agosto del 2002 a junio 2004.	22

Figura	N°	Página
7.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales en plantas de café. Finca San Francisco San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	24
8.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004	25
9.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	26
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 de agosto del 2002 a junio 2004.	27
11.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas Secundarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	29
12.	Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	30
13.	Efecto de los sistemas sombra, sol y fertilización sobre el rendimiento (kg oro. ha ⁻¹) en cafetos. Finca San Francisco. Carazo, 2002 y 2003.	46

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°	Página
1. Variables de crecimiento de las plantas de café .Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	64
2. Variables de estructura productivas de las plantas de café .Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	66
3. Peso en (g) y porcentajes de los diferentes compartimientos de la planta de café bajo tres sistemas de manejo. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	67
4. Extracción de nitrógeno en gramos y porcentaje por compartimiento en las plantas de café bajo tres sistemas de manejo Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio 2004.	68
5. Términos usados para describir la taza del grano de café.	69

RESUMEN

El ensayo se realizó en la Finca San Francisco, propiedad de Inversiones Generales S. A., ubicada en el km 39 ½ de la carretera San Marcos, Carazo, desde agosto del 2002 hasta junio del 2004, un estudio cuyo objetivo general fue evaluar tres sistemas de manejo del café sobre el crecimiento, estructura productiva, acumulación de biomasa y nitrógeno en la planta; producción y calidad del grano de café. El ensayo se estableció en tres franjas cuyos tratamientos correspondieron a: a) Café bajo sombra de madero negro (*Glericidia 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 48 plantas de las cuales se tomaron 8 plantas en cada una de las 6 fechas para realizar las mediciones correspondientes. Una muestra de café oro por tratamiento de cada una de las cosechas de cada año fue tomada y enviada a laboratorio de CERCAFENIC de UNICAFE en Managua para determinar los aspectos físicos y organolépticos. Empleando el método destructivo se midió la biomasa y cantidad de Nitrógeno acumulado en la raíz, tallo, ramas, hojas y frutos de cada una de las 8 plantas seleccionadas por fecha. Las variables de crecimiento y rendimiento se presentan a través de figuras y la acumulación de biomasa en los diferentes componentes de la planta de café se explica de acuerdo a resultados de la prueba de t -student. Para los meses junio 2003, septiembre 2003, diciembre 2003, y junio 2004 el sistema café sombra con fertilizante obtuvo la mayor altura con 166, 170.25, 179.87 y 204 cm respectivamente mientras este mismo tratamiento en el mes de diciembre 2003 obtuvo el mayor diámetro con 4.87 cm, en septiembre y diciembre 2003 obtuvo una mayor proyección de copa con 2.63 y 2.46 m, el mayor números de nudos totales lo obtuvo en diciembre 2003 con 42.50 el mayor número de ramas primarias totales se encontraron en diciembre 2003 con 74.87 y las terciarias totales en diciembre 2002 con 11.50, el mayor número de ramas terciarias productivas se encontraron en junio 2003 con 6, estas en el sistema café a pleno sol. En agosto del 2002 las plantas del sistema café sombra sin fertilizante presentaron la mayor biomasa de raíces con 21.75%; mayor contenido de nitrógeno en raíces con 19.73%; en hojas con 52.02% y en tallos con 8.71% el sistema café a pleno sol obtuvo la mayor biomasa del tallo con 18.87%, en septiembre 2003, el sistema a pleno sol obtuvo la mayor biomasa de raíces con 20.49% en cambio para el junio 2004 el mayor contenido de biomasa fue para el tallo en el sistema café sombra sin fertilizante con 27.63% y el mayor cantidad total de nitrógeno fue para las hojas en el sistema café sombra con fertilizante con 38.41%. El sistema de café sombra sin fertilizante obtuvo el mayor rendimiento en el 2002 con 438 kg oro ha⁻¹ y el sistema a pleno sol obtuvo el mayor rendimiento en 2003 con 2952 kg oro ha⁻¹. La calidad 2003 fue buena en los tres sistemas pero la cosecha seis para los tres tratamientos presento una taza OK, tipo SHG y calidad como café lavado Matagalpa /Jinotega o estrictamente de altura.

1. INTRODUCCIÓN

El modelo de manejo intensivo sin sombra de monocultivos de café (*Coffea arabica* L.) durante los últimos cuarenta años en América Central, ha permitido aumentos importantes en la productividad, notablemente en las zonas ecológicas más favorables. Sin embargo, su viabilidad económica sigue siendo incierta a largo plazo debido a los precios internacionales del café que fluctúan y a los crecientes costos de la mano de obra y productos agroquímicos. Además este sistema da lugar a menudo a una disminución de la longevidad de la plantación y tiene consecuencias negativas para el medio ambiente a largo plazo como contaminación del agua por residuos de agroquímicos, la degradación del suelo, la pérdida de biodiversidad y de la emisión de gases de efecto invernadero tales como el óxido nitroso (N_2O) y N elemental.

El café es un cultivo de mucha importancia para Nicaragua ya que además de ser una fuente importante de divisas para el país constituye una fuente importante de empleo tanto temporal como permanente, además desde el punto de vista ambiental es un cultivo muy valioso ya que es establecido mayormente con árboles de sombra, los cuales juegan un rol muy importante en la absorción de CO_2 y en la producción de oxígeno (Osorio, et al., 2004).

El café 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, o del stock del producto (almacenados), la especulación comercial, del tipo de producción de café (orgánico o convencional), de la variedad y sobre todo de la calidad (Mendoza, 2002).

Para Nicaragua ha sido uno de los rubros de mayor exportación, con un peso significativo en el PIB del país, por ejemplo, debido al buen precio internacional del café en el periodo 1994-1995 por primera vez en más de 10 años el crecimiento económico de Nicaragua fue positivo (Mendoza, 2002).

El café representó durante el periodo 2001-2003 el 33 % del PIB agrícola y 5.7 % del PIB global. En el periodo 2001-2004 con un volumen promedio de 1, 491,000 quintales oro exportados, Nicaragua obtuvo un ingreso de 87, 440,000 de dólares generando un 14% de las exportaciones totales comparado con 25% obtenido durante el periodo 1995-2000 (Osorio, et al., 2004.)

En la actualidad el café se cultiva en un rango muy amplio de condiciones agro ecológicas 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. Mas 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.

Este monocultivo enfrenta diversos problemas entre ellos sobresalen los altos costos de producción, a esto se une también la falta de apoyo financiero para los productores, políticas fiscales que lesionan el desarrollo de este rubro, también la caída de los precios internacionales ha agravado mas esta situación una de las alternativas para disminuir estos problemas es la exportación de café de calidad (Osorio, et al., 2004).

La calidad del grano de café es actualmente de gran relevancia en el mercado mundial y en el ámbito de los países productores de este grano, por cuanto que hay signos de un mejoramiento gradual de las calidades tan apreciadas del café suave lavado para las sociedades consumidoras, y por otra parte la crítica situación de bajos precios, cuya recuperación aun no está en la vista, puede ser aliviada mediante una mejora cualitativa de la oferta exportable de café (Mendoza, 2002)

Debido a la diversidad de los factores agroecológicos y diversos manejos que se le brinda al cultivo, es de suma importancia evaluar sistemas de cultivos que ayuden de alguna manera a contrarrestar la baja de los precios internacionales para brindar un café de alta calidad, el cual en nuestro país se produce.

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

Objetivo general:

- Comparar el comportamiento ecofisiológico y crecimiento de la planta de café bajo el efecto de tres sistemas de manejo bajo sombra con y sin fertilización y plena exposición solar con fertilización durante ciclo 2002/2003 en la zona del pacífico de Nicaragua.

Objetivos específicos:

- Evaluar el crecimiento de las plantas de café bajo sombra con y sin fertilizante, y plena exposición solar con fertilización
- Determinar el efecto del manejo de la sombra y la fertilización sobre la estructura productiva de las plantas de café.
- Conocer la distribución de biomasa, crecimiento y la acumulación del nitrógeno en los componentes de la planta de café manejado bajo sombra, y pleno sol con y sin fertilización.
- Comparar el rendimiento productivo de las plantas de café bajo sombra, con y sin fertilización y a pleno sol con fertilización y Determinar el efecto de la sombra y la fertilización sobre las características físicas y organolépticas del café oro en cada una de las cosechas
- conocer el efecto de la distribución de la biomasa y la acumulación del nitrógeno sobre las características físicas y organolépticas del grano de café oro bajo el efecto de tres sistemas de manejo.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción y localización del área de estudio.

El presente estudio se efectuó en la finca San Francisco ubicada en el km. 39 ½ de la carretera San Marcos-Las Esquinas en el departamento de Carazo, (Nicaragua) desde agosto 2002 hasta junio 2004, las coordenadas geográficas son 11° 53 ' 80 " latitud Norte y de 86° 14' 05" longitud Oeste, 670 m.s.n.m; con precipitación total anual de 1,400 mm, temperatura promedio anual de 24 °C y una humedad relativa de 83 %. La precipitación total acumulada y temperatura promedio durante la fase de estudio fue de 2,119.3 mm y 25.7° C respectivamente.

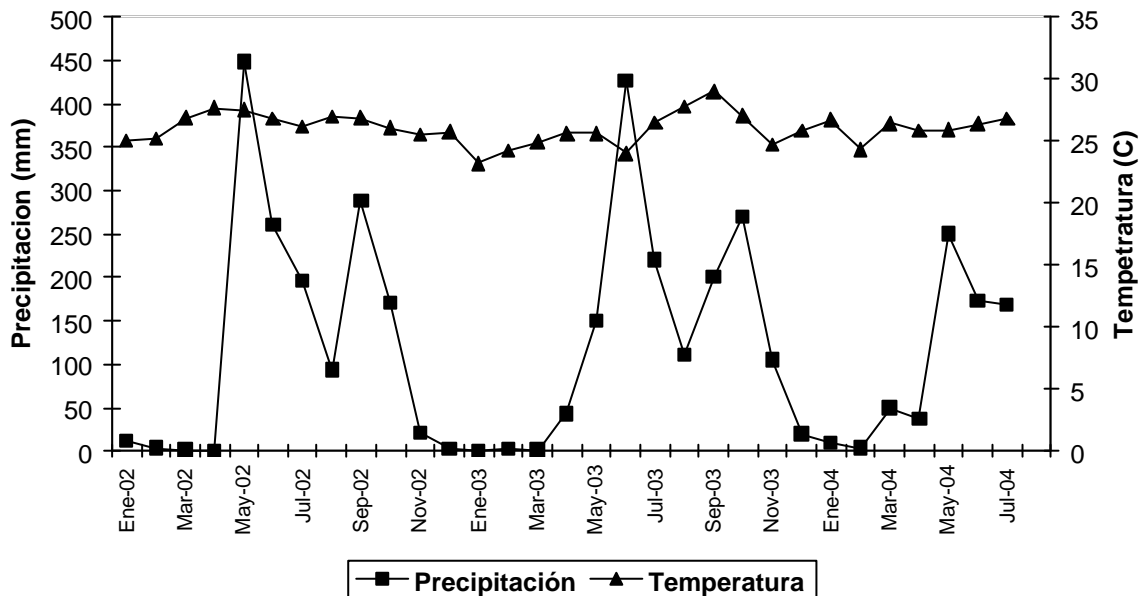


Figura 1. Comportamiento de la precipitación y temperatura mensual durante los meses de estudio.

Centro Experimental de café del Pacífico-Jardín Botánico. Masatepe.

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

Tratamientos	Clave	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clase Textura
Sombra y fertilizante	CSF	2.5	25	72.5	Franco Arenoso
Pleno sol y fertilizante	CSOLF	5	22.5	72.5	Franco Arenoso
Sombra sin fertilizante	CS	5	22.5	72.5	Franco Arenoso

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, UNA 2002

Tabla 2. Características químicas de los suelos de la finca San Francisco, Carazo 2002.

Tratamientos	pH	MO (%)	N (%)	P ppm	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
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 de la metodología

La plantación de café vr Costa Rica 95 fue establecida en el año 2000. En mayo del 2002, se delimitaron tres parcelas de 40 m de ancho por 48 m de largo (1,920 m²) con 24 hileras de plantas de café distanciadas cada dos metros y un metro entre planta y planta para una densidad poblacional de 5,000 plantas de café por hectárea, con árboles de sombra de madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers) uniformemente distribuidos en el área (8 x 8 m). Para un total de 156 árboles por hectárea. El área total del experimento fue de 5,760 m².

Al inicio de la estación lluviosa en el 2002 se hizo un muestreo de suelo para análisis químico y físico. Se tomaron 8 muestras (4 entre las plantas y 4 entre las hileras) compuestas por 5 submuestras a una profundidad de 0-30 cm en cada tratamiento. (Tabla 1 y 2)

Para establecer la parcela a pleno sol se procedió a eliminar los árboles de madero negro y los residuos de estos se sacaron de la parcela para evitar el efecto de incorporación de ramas y hojas sobre la fertilidad del suelo. Se hizo un recuento de los cafetos en las parcelas a partir del diámetro y altura de las plantas luego se marcaron 48 plantas de café por tratamiento para ser evaluadas en 2002, 2003 y 2004. Para la medición de las variables se medieron en 8 plantas en agosto 2002, diciembre 2002, junio del 2003 septiembre 2003, diciembre 2003 y en junio 2004 en cada uno de los tres tratamientos.

El diseño utilizado fue de tres parcelas grandes, para no tener efecto de borde, dentro de cada parcela se estratificó 4 subparcelas se evaluaron 2 plantas en cada subparcela, Se tomaron pocas plantas por bloque porque se destruyeron para medir variables de biomasa y nitrógeno.

VARIABLES DE CRECIMIENTO TOMADAS EN 8 PLANTAS DE CAFÉ EN LOS MESES DE AGOSTO Y DICIEMBRE DEL 2002, JUNIO, SEPTIEMBRE Y DICIEMBRE 2003, Y JUNIO 2004.

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 pie de rey y se midió el diámetro del tallo a una altura de 10 cm sobre la superficie del suelo.

Proyección total de copa 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 fórmula para calcular el área proyectada por la copa del café:

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

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

Número de ramas primarias totales en el tallo principal: se contabilizaron todas las ramas primarias presentes en el tallo principal. Se incluyeron todas las ramas que presentaron al menos dos nudos incluyendo el ápice, de igual manera se contabilizaron las ramas secundarias y terciarias en el tallo principal.

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

VARIABLES DE ESTRUCTURA PRODUCTIVA TOMADAS EN 8 PLANTAS DE CAFÉ EN LOS MESES DE AGOSTO, DICIEMBRE 2002, JUNIO, SEPTIEMBRE Y DICIEMBRE 2003, Y JUNIO DEL 2004.

Número de ramas primarias productivas en el tallo principal: en los tallos principales de cada planta se contabilizaron todas las ramas primarias que presentaron al menos un nudo productivo así también, las ramas secundarias y terciarias productivas en el tallo principal.

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

Primero se procedió a contar todas las ramas y a estas se les separo todos sus frutos y hojas. Posteriormente utilizando piocha y palas se procedió a extraer el tallo con todo el sistema radicular esto se hizo en cada una de las 8 plantas.

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

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

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 SulfoSelénica (Digestión Húmeda), se procedió a preparar una muestra de 0.2 gramos de cada componente, se le adicionó 5 ml de la mezcla sulfo selenica, se introdujo en un microdigestador a una temperatura entre 360 y 410°C, luego de digerirlo y enfriado la muestra se procedió a la destilación del N.

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 fórmula:

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

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

Rendimiento de los sistemas evaluados

Rendimiento en Kg oro: se registraron los pesos de café uva de manera independiente de cada corte incluyendo los graniteos, cortes y repelas. La cosecha fue realizada en toda la parcela experimental de 1920 m² por lo que no se hicieron repeticiones, se realizaron un total de 5 cosechas en 2002 y 7 cosechas en el 2003. El peso de café uva se multiplicó por un factor 0.182 para convertirlo en café oro o café verde al 12% de humedad (tomando en cuenta que 550 kg de café uva aportan 100 kg de café oro).

Variables físicas, y organolépticas realizadas en el laboratorio de certificación de café (CERCAFENIC).

Aspectos físicos: para evaluar esta característica se tomó una muestra de 500 g de café oro por cosecha 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 la humedad, aspecto, tostado y defecto.

Aspectos organolépticos: A la misma muestra 500 gramos de café oro por cosecha por tratamiento se determinó en CERCAFENIC 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) V8, (2002).

Las variables de crecimiento y estructura productiva de la planta, rendimiento, características físicas y organolépticas del café se analizaron de manera descriptiva utilizando para ello figuras y tablas. Las variables de biomasa de los diferentes componentes de la planta de café así como para el total de biomasa de la planta se analizaron utilizando la prueba de t- Student como método para comparar las medias de las 8 plantas en cada una de las tres parcelas.

2.3. Manejo agronómico

El manejo agronómico de las parcelas se realizó de acuerdo al manejo convencional de la zona y de la finca en donde se estableció el estudio. El área sembrada en esta finca es de 172.25 ha (245 Mz), con una producción promedio de 188.4 kg oro ha⁻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, en junio y agosto 2003 también se realizó un desbejuque (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 cultivo del café .Finca san Francisco .San Marcos, Carazo del 2002 al 2004.

		Momento de aplicación					
Producto	Dosis (lha ⁻¹)	2002			2003		2004
		Junio	Agosto	Octubre	Junio	Octubre	Junio
Glifozato	2	x	x		x		
2,4-D	0.7		x		x	x	x
Paraquat	2	x		x		x	x

La fertilización edáfica solo se realizó a dos parcelas de las tres que se seleccionaron para dicho estudio, el método de aplicación del fertilizante fue al voleo en la base de la planta, los productos y dosis se presentan en la Tabla 4 y 5

Tabla 4. Momento, formulas y dosis de nutrientes edáficos aplicados al cultivo del café en las dos parcelas sometidas a fertilizaciones. Finca san Francisco .San Marcos, Carazo del 2002 al 2004.

Mes de Aplicación	Dosis y formula (kg/ha)	2002			2003			2204			
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	
Mayo	194 de urea	89.24									
	259 de 30-0-20				77.7		51.8				
Junio	272 de muriato k									163	
	45 de urea							20.7			
	272 de 30-0-20				81.6		54.4				
Agosto	323.5 de 15-15-15	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5	48.5				
Octubre	194 de 30-0-20	58.2		38.8							
Totales	kg/ha -1	195.9	48.5	87.3	208	48.5	155	20.7		163	

Las plagas y enfermedades se manejaron utilizando diferentes productos, los cuales se describen en la Tabla 5.

Tabla 5. Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados al cultivo del café en los sistemas para el manejo de problemas fitosanitarios. Finca san Francisco .San Marcos, Carazo del 2002 al 2004.

Producto	Momento de Aplicación					
	2002			2003		2004
	Junio	Agosto	Octubre	marzo	mayo	Junio
Cobre(kg/ha ⁻¹)	2.5	2.5	2.5		2.5	2.5
Urea (kg/ha ⁻¹)	380	50		380	380	
Endosulfan (l/ha ⁻¹)	1.423					1.5
Adherente (cc/barril ⁻¹)	150					
Agua (barriles/ha ⁻¹)	2					
Caporal (cc/ha ⁻¹)		455				
Alto (cc/ha ⁻¹)			355			350
MOP (kg/ha ⁻¹)				2.5		
Ácido bórico (kg/ha ⁻¹)				1	1	
Lorsban(lt/ha ⁻¹)				1.423		1.5
Sulfato de zinc(kg/ha ⁻¹)					1	

Se efectuó una poda en agosto del 2002 y 2003 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. Las hojas, ramas y tallo fueron dispersados en la parcela, aunque tradicionalmente los tallos con diámetro considerable son utilizados por los trabajadores de la finca como fuente de energía o leña.

2.4. Descripción de la variedad Costa Rica 95

La variedad Costa Rica 95, es producto de la selección realizada por el ICAFE de Costa Rica a partir de la serie T-8600 introducida y evaluada en el CATIE por PROMECAFE en generación F5. La variedad Costa Rica 95 es de porte 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 a variedades comerciales regionales. Tiene muy buenas características de grano y buena respuesta a la poda. Se adapta muy bien en ambientes favorables propios del cultivo (Zamora, 1998).

Esta variedad, se puede sembrar con las mismas densidades de siembra que el Caturra. Es una variedad que produce entre 25 y 35 % más que las variedades Caturra o 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). Tiene 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 (ICAFE) se presentan en la tabla 7.

Tabla 6. Características Agras productivas de la variedad de café Costa Rica 95 establecida en la finca san francisco. San Marcos, Carazo

I. Fenotípicas	Características varietal
1.-Porte	Bajo
a. Tamaño planta	Bajo en comparación con otras variedades
b. Entre nudos	Cortos
c. Heredabilidad del porte	Alto
2.- Brotes (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 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).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

3.1.1. Altura de tallo (cm)

La altura de la planta es una variable influenciada por la luz, calor, y nutrientes, entre otros citado por Zelaya y Sotelo (2000), señalan que la altura es importante porque indica el crecimiento ortotrópico de la planta de café, 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); este crecimiento da altura a la planta (ISIC, 1977). El tamaño 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, viéndose muy influenciado por las condiciones del medio (Coste, 1969). Según Aguilar (1990) en estudios realizados en Pío XII en una plantación a pleno sol el café aumenta en altura y diámetro un 75 % en el periodo lluvioso y un 25 % en el periodo seco.

La diferencia de altura entre los sistemas se debe en gran parte a la sombra, ya que los sistemas café bajo sombra con y sin fertilizante (CSF y CS) presentaron mayor altura que el sistema a pleno sol (CSolF) a partir del segundo hasta el sexto muestreo, existiendo una respuesta del cultivo sobre cada sistema marcada por el uso o no de la sombra (Figura 2). De manera general se puede observar en la (figura 2), que a partir de diciembre 2002 hasta junio 2004, las plantas de café bajo sombra y aplicación de fertilizante mostraron siempre la mayor altura. En segundo lugar se mantuvieron las plantas de café con sombra sin aplicación de fertilizante, durante el estudio las plantas a pleno sol fue menor.

En términos de crecimiento en altura entre Agosto 2002 y Junio 2004 el sistema café bajo sombra y fertilizante tuvo el mayor aumento (88 cm) y el menor el sistema café a pleno sol y fertilizante (51 cm), esto concuerda con lo expresado por Suárez de Castro *et al.*, (1961) reportando que en los primeros años de vida, el café bajo sombra tuvo mayor altura que a pleno sol y el ISIC (1977) reporta que una planta de cafeto bajo sombra, tiene un crecimiento muy alargado; igualmente

Fournier (1988a) afirma que las plantas cultivadas a pleno sol tienen un menor crecimiento ortotrópico, también Henao (1982) afirma que el café crece más lento cuando se cultiva a pleno sol también esto se debe que el café con sombra tenga mayor altura porque está compitiendo por luminosidad con los árboles de sombra y el café a pleno sol no compete por dicha luminosidad y su desarrollo lo hace en el tallo y en las ramas totales y productivas.

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. Nosti (1970) 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.

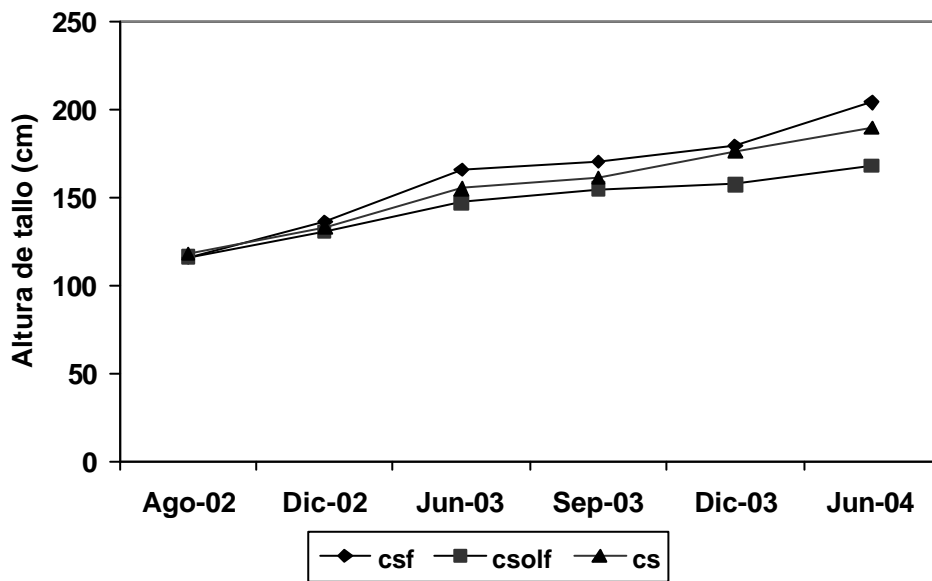


Figura 2. Efecto de la sombra y fertilización sobre la altura (cm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004.

3.1.2. Diámetro del tallo (mm)

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.

A lo largo del estudio las plantas de café con sombra y sin fertilización mostraron los menores diámetros, no así donde las plantas a pleno sol tuvieron el mayor diámetro desde agosto 2002 hasta septiembre 2003 y después fue superado por las plantas de café con sombra y fertilizante hasta junio 2004.

Se puede afirmar que las diferencias mas marcada solo se presentaron en el mes de diciembre 2003 por lo que se atribuye de alguna manera a la sombra y la fertilización ya que 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 lo cual incrementan la estructura xilemática y floemática por el alto grado de transporte de nutrientes y savia 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 dichas aplicaciones tienen un efecto notorio sobre esta variable biofísica, ya que los nutrientes fácilmente asimilables por la planta contribuyen a facilitar la reproducción celular en el tejido leñoso para incrementar el diámetro del tallo.

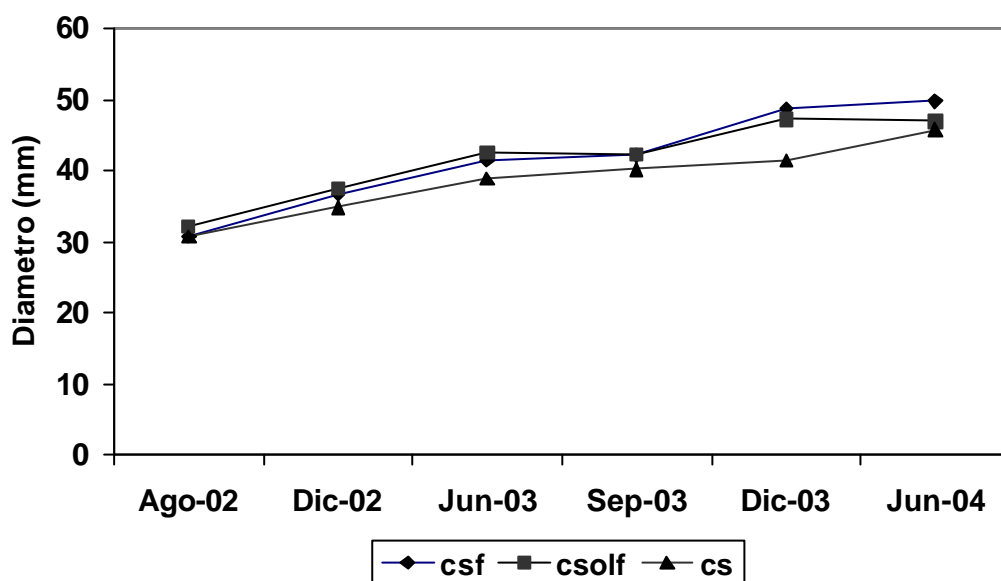


Figura 3. Efecto de la sombra y fertilización sobre el diámetro (mm) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

3.1.3 Proyección de copa (m²)

La sombra proyectada por la planta de café hacia el suelo es un factor muy importante para reducir la competencia entre el café y las malezas; de igual manera, es primordial para el cálculo del índice de área foliar. La parte aérea de la planta del cafeto está relacionada con las raíces ya que existe una interacción nutricional. Esta variable es muy importante para decidir la distancia de siembra de un cafetal, ya que la longitud horizontal de las raíces son proporcional a la proyección de la sombra del café, un café con una buena proyección de sombra y a una distancia de siembra corta existirá una competencia de nutrientes entre las raíces y luz entre la parte aérea ya que estas también se entre cruzarían(Fournier, 1988).

El sistema que presentó el mayor aumento para esta variable fue el café bajo sombra y fertilización con 0.39 m² y el sistema que tuvo el menor aumento fue el café bajo sombra sin fertilización con 0.04 m². Para el primer muestreo esta diferencia se debe a que no existía una

respuesta bien marcada del café en los sistemas ya que el manejo se comenzó dos meses antes de iniciar la toma de datos.

Las plantas de café con sombra y fertilizante (CSF) que tenían una menor proyección de copa alcanzaron los mayores valores desde junio a diciembre 2003 producto del sombrero con madero negro. La tendencia en las plantas de café se mantuvo con una copa mas compacta aunque casi siempre fue igual a las plantas de café con sombra sin fertilizante producto de deficiencias de nutrientes en estas últimas

La respuesta de los sistemas en cada muestreo para esta variable tiene efecto sobre las condiciones agroclimáticas de cada sistema. Henao (1982) afirma que el café es muy exigente a fertilizantes por tal razón requiere suficientes y balanceados nutrientes para la formación y sostenimientos de sus órganos, bajo sombra el cafeto presenta mayor número y tamaño de hojas.

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.

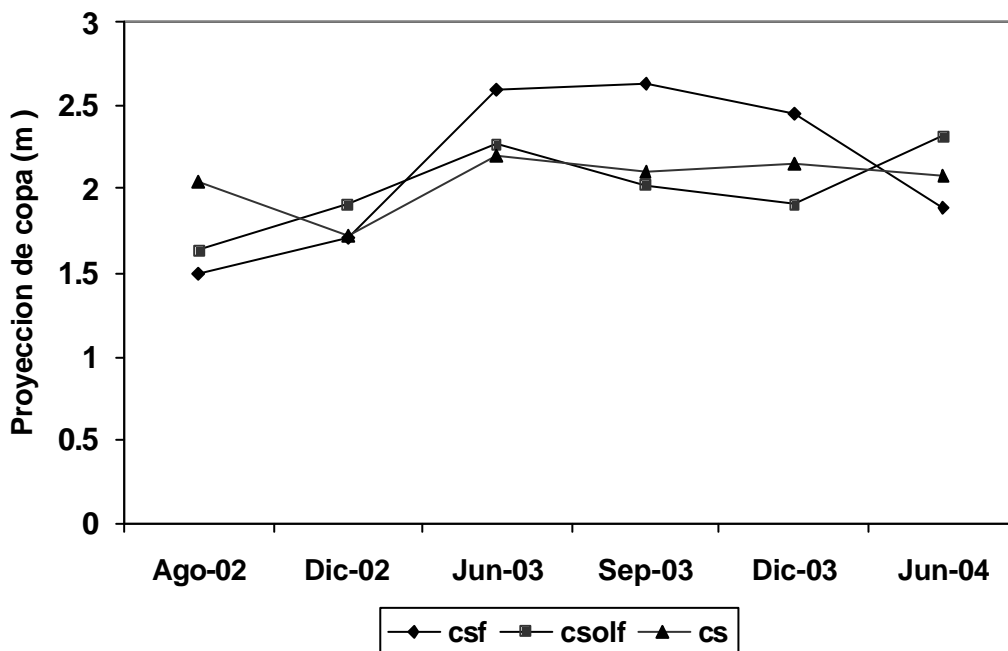


Figura 4 Efecto de la sombra y fertilización sobre la proyección de copa (m²) de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

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.

En la figura 5 se puede observar que la diferencia es mínima en los seis muestreos. Este aumento se debe en gran parte al aporte de la hojarasca que los árboles de sombra dan al suelo y el microclima favorable 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 nutrientes del suelo, a través de la hojarasca en especial el nitrógeno, tan importante en el crecimiento del cafeto.

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

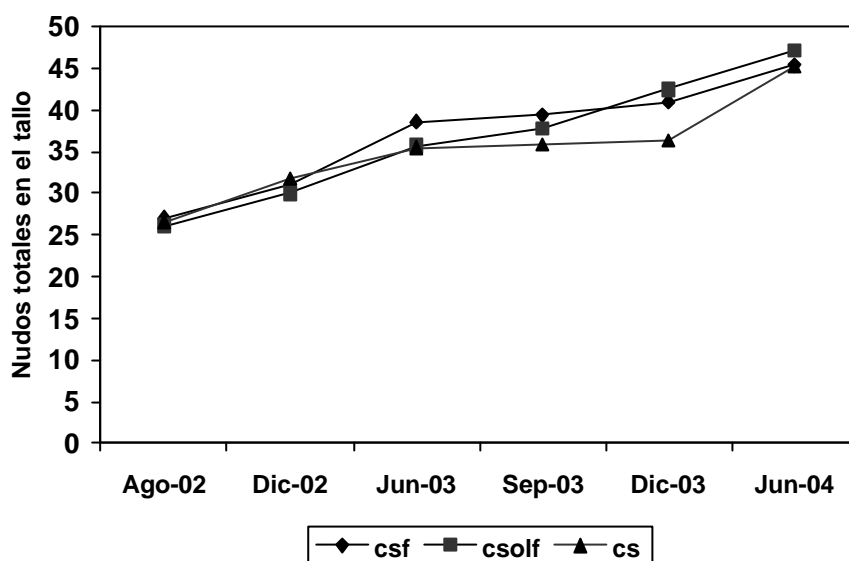


Figura 5. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de nudos en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

3.2. Efecto de los sistemas de manejo sobre la estructura productiva del cultivo 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 (Henaó, 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).

El mayor aumento de ramas primarias totales lo presentó el sistema café bajo sombra y fertilizante con 43 y el menor el sistema café con sombra sin fertilización con 38 entre el primero y sexto muestreo.

El efecto que presentaron los sistemas fue de una mayor respuesta del cafeto cultivado bajo sombra para esta variable ya que la sombra contribuye a mantener un microclima agradable para el

crecimiento en zona de baja altitud con excepción de diciembre 2003 Muschler (1999) afirma que la sombra ayuda en elevaciones menores a la deficiencia de agua y a moderar el estrés micro climático de la plantación. Fernández y Muschler (1999) señalan que las plantas bajo sombra se mantienen en mejores condiciones vegetativas, los suelos están previstos por la sombra y la hojarasca, esta puede contribuir a la conservación de la humedad y de la fertilidad del suelo.

Seguramente existe una relación entre el número de nudos en tallo principal y el siguiente número de ramas primarias desarrolladas, porque como el café bajo sombra y fertilización ya que presentaba la mayor cantidad de nudos sigue llevando en la misma manera para la rama primaria. En cambio para los otros dos sistemas se observa que en relación a los nudos presente en tallo principal, el café con sombra (CS) llega a desarrollar un cuantitativo más alto de bandolas (Figura, 6).

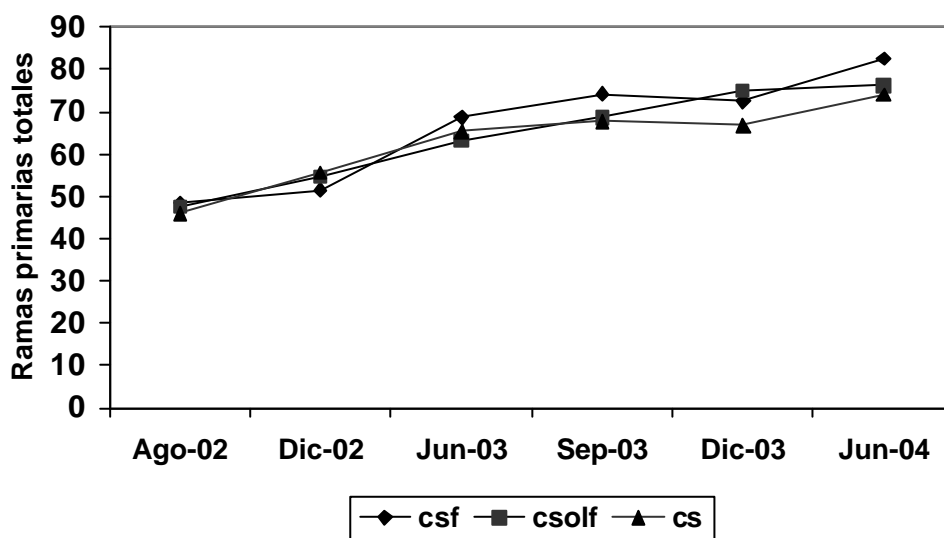


Figura 6. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias totales en el tallo principal de las plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

3.2.2. Ramas secundarias totales

En las ramas primarias, las yemas cabeza de serie forman ramas secundarias solamente (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.

El sistema que presentó el mayor aumento de ramas secundarias totales fue el sistema café con sombra sin fertilización con 125.55 ramas secundarias y el menor el sistema café a plena exposición solar y fertilizante con 59.97 ramas secundarias desde 2002 al 2004 (Figura, 7).

La respuesta al mayor número de ramas secundarias que presenta el cafeto se debe a factores climáticos como la radiación solar directa 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.

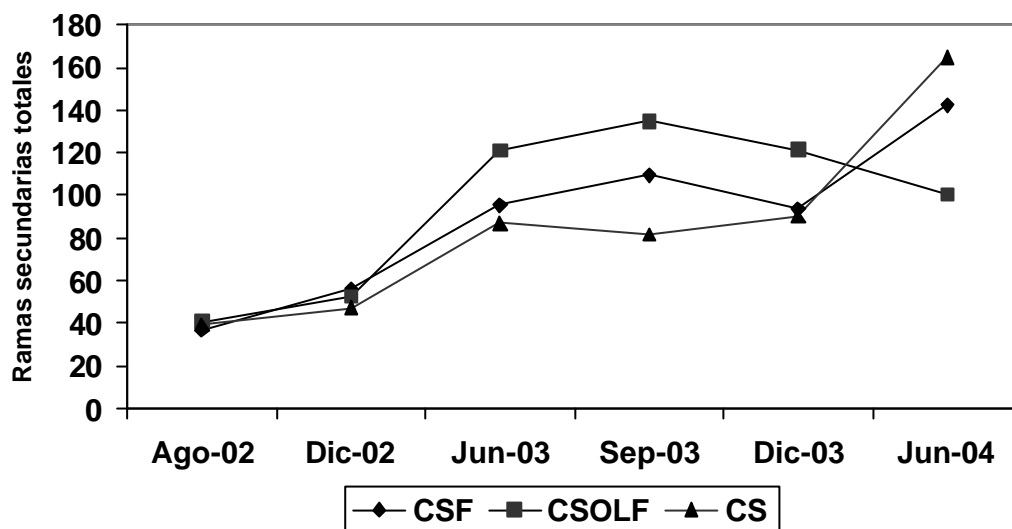


Figura 7. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

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 citado por Zelaya y Sotelo (2000) señala que cuando las ramas primarias hayan perdido su capacidad de floración, la fructificación se traslada a las ramas secundarias y terciarias

Con los datos obtenidos se puede afirmar que el cafeto a pleno sol es la radiación solar e iluminación los factores que mas afectan o estimulan el crecimiento plagio trópico tanto de segundo como de tercer orden no así en los sistemas cultivados bajo sombra, pero se puede siempre afirmar que también la fertilización juega un papel importante, porque la dos parcelas sometidas a abono son las que obtuvieron los resultados más alto (Figura, 8).

Sin embargo, las plantas de café compensan sus menores crecimientos ortotrópico y lateral con la emisión de ramas secundarias y terciarias.

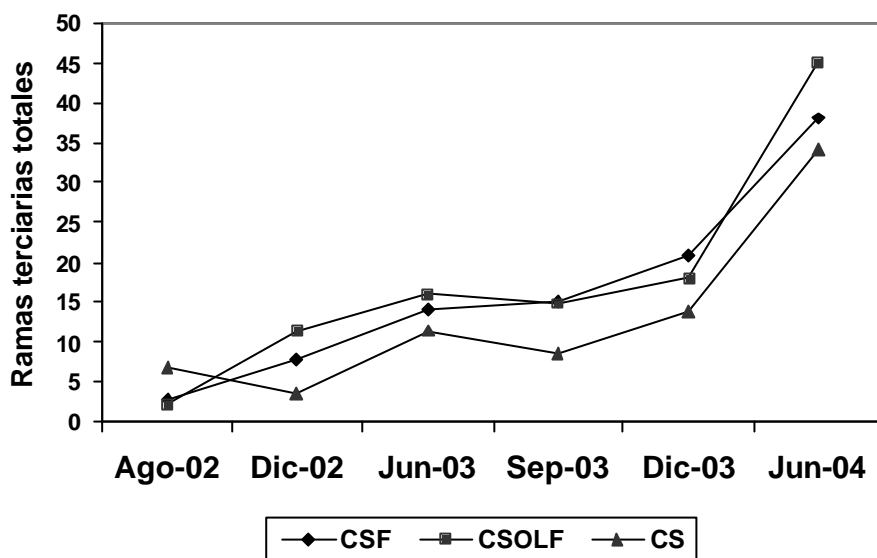


Figura 8. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

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 de la planta y problemas que presenta afectando el grado de productividad porque a medida que se incrementa el número de ramas agotadas se reduce el rendimiento de la planta

El sistema que presentó el mayor aumento en ramas agotadas fue el sistema café a pleno sol con 6.12 ramas agotadas, desde 2002 al 2004 no obstante los sistemas bajo sombra mantuvo el promedio de número de ramas agotadas al final del ciclo con respecto al primer muestreo (Figura, 9).

Es muy importante señalar que el bajo índice de ramas agotadas en los sistemas se debe en gran parte a las condiciones ambientales y edad ya que estas plantas se encontraba en su primer año

de producción. El presente resultado muestra que el café bajo sombra mantiene su arquitectura vegetativa por mayor tiempo que a pleno sol.

Arias (1982), afirma que el café 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.

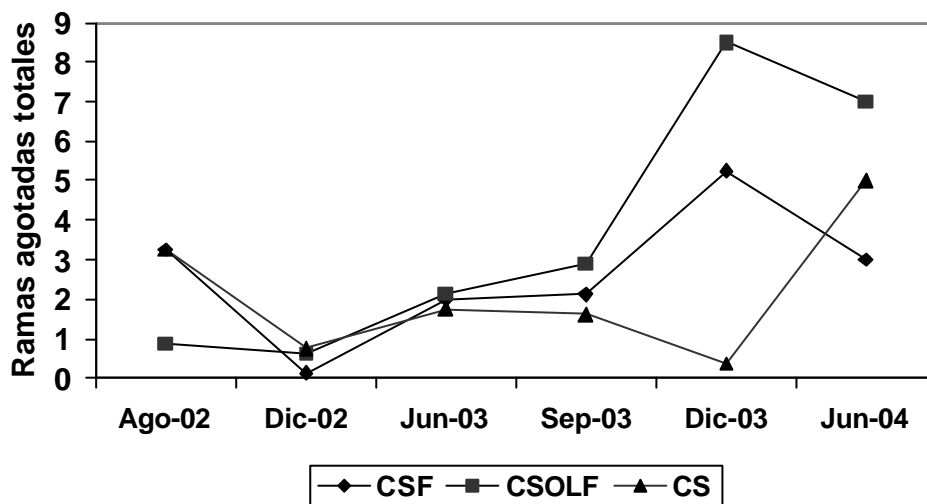


Figura 9. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

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 presenta mayor número de ramas productivas se obtendrá un mayor rendimiento (Guevara, 1988).

Comparando el primero y último muestreo se observa que el sistema que tuvo un mayor aumento en ramas primarias productivas fue el sistema café bajo sombra sin fertilizante con 27.25 ramas primarias productivas y el menor el sistema café sombra y fertilizante con 18.02 ramas primarias productivas (Figura, 10).

Se afirma que los sistemas de 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 elevaciones menores.

Fournier (1988a) afirma que se ha observado que 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.

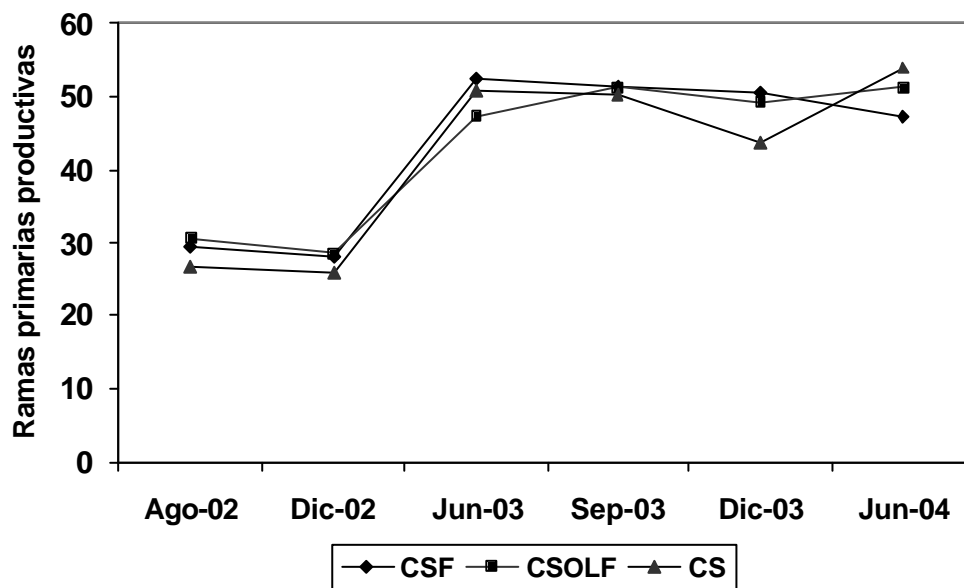


Figura 10. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias productivas en el tallo principal en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

3.2.6. Ramas secundarias productivas

Todo cafeto en dependencia de la edad productiva tiene ramas primarias con la base improductiva, esta va incrementando; tanto la productividad de esta rama primaria se traslada a las ramas que se originaron de segundo orden o secundarias. Las ramificaciones excesivas se deben a factores genéticos y edafoclimáticos.

Es importante señalar que al final del estudio el sistema café con sombra sin fertilizante fue el que tuvo el mayor aumento en ramas secundarias productivas con 51 y el menor el sistema café bajo sombra y fertilizante con 22.67 ramas secundarias productivas entre el primero y último muestreo (Figura, 11).

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 más frutos y una mayor ramificación por la razón que crece menos en altura, pero esta reducción de la altura se atribuye en 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 en que un cafetal bajo una sombra intensa reduce su producción.

Con este resultado se puede afirmar que no hay efecto entre las tres tipología de manejo y esta respuesta se debe al factor iluminación, ya que el café bajo pleno sol tiene un incremento de la ramificación lateral, debido a un menor desarrollo en altura. La presencia de la sombra permite condiciones más homogéneas que hagan que el cafeto tenga una crianza lateral más constante y uniforme en los años.

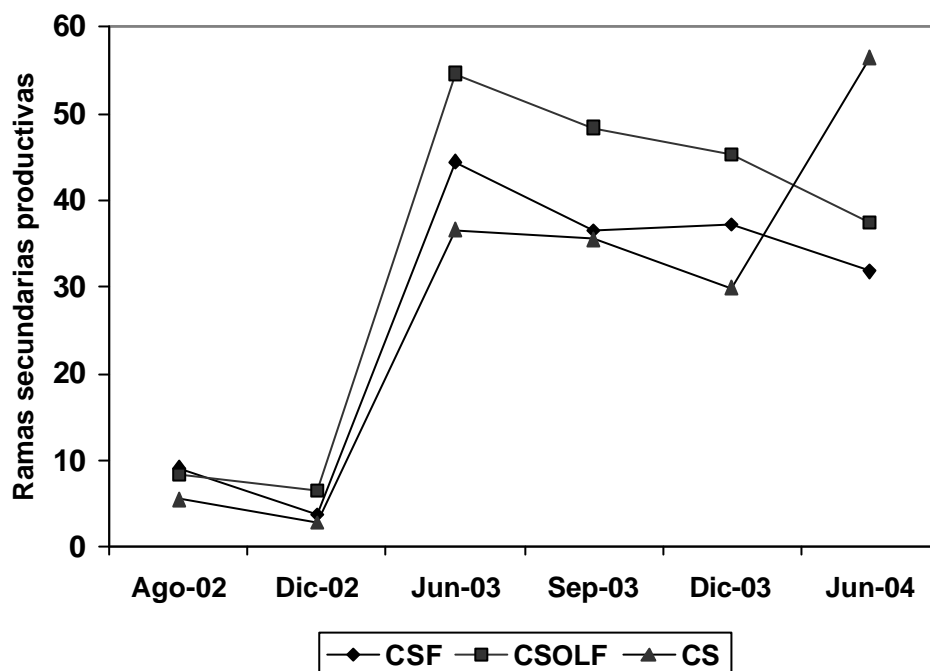


Figura 11. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de r de agosto del 2002 a junio del 2004amas secundarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo

3.2.7. Ramas terciarias productivas

A medida que el cafeto incrementa su longevidad se producen cambios en el crecimiento y desarrollo como cualquier planta, 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 sistema que presentó el mayor aumento en ramas terciarias productivas fue el café sombra y fertilización con 8.75 y el menor el sistema café bajo sombra sin fertilizante con 3.80 del 2002 al 2004. 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. Las plantas de café a pleno sol mantuvieron una tendencia a producir mayor número de ramas terciarias productivas seguido de las plantas con sombra y fertilizante (Figura, 12).

Esta respuesta puede ser debida a la fertilización, dado que los dos sistemas bajo abono químico, independientemente de la sombra, tuvieron el mayor crecimiento; en el café a pleno sol, esta situación se puede atribuir, también, a factores edafoclimáticos (iluminación y radiación solar), que ayudan a compensar el menor desarrollo en altura y ramas primarias.

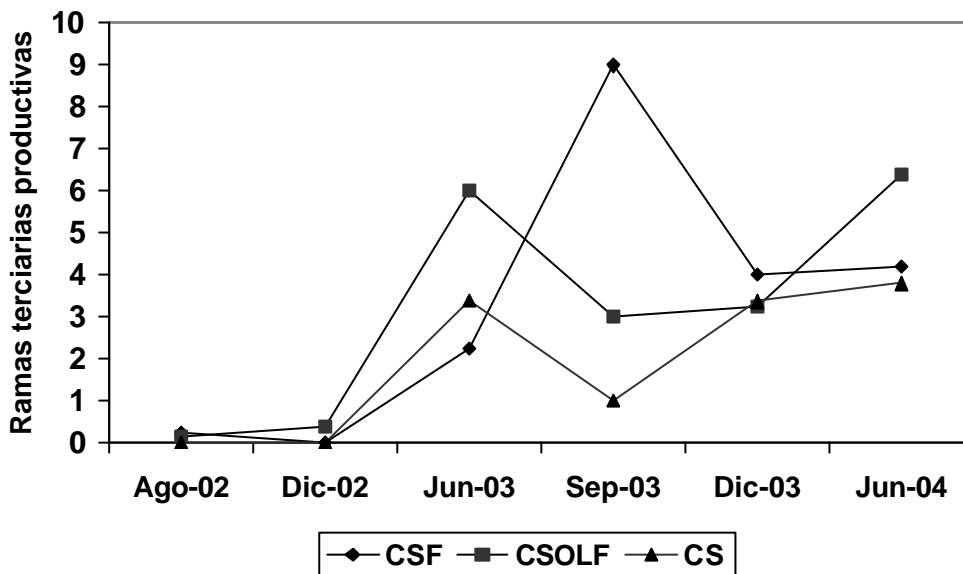


Figura 12. Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas en plantas de café. Finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004

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 es un órgano básico de los vegetales (Henaó, 1982), forma el sistema radical que está constituido por una raíz principal o pivotante, por raíces axilares y laterales y por una cantidad abundante de raicillas que constituyen la rizofera, este sistema además de absorber agua, conducir los nutrientes minerales, 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, 1988).

El análisis estadístico realizado para la biomasa de raíces de la planta de café establece que para el mes de Agosto del 2002 el mayor promedio lo obtuvo el sistema café bajo sombra sin fertilización existiendo diferencia significativa para dicho sistema ($Pr=0.0544$) con $326.13 \text{ g.pta}^{-1}$ (21.75 %) (Tabla 7y 8). (Anexo 3).

En el segundo y tercer momento no se encontró diferencia significativa, Diciembre 2002 y Junio 2003. El que presento el mayor promedio fue el sistema a plena exposición solar y fertilización ($Pr=0.9704$), ($Pr=0.5295$), con $391.75 \text{ g pta}^{-1}$ (21.57 %) y $517.11 \text{ g pta}^{-1}$ (18.75 %) respectivamente (Anexo 3). Para el mes de septiembre 2003 el sistema que presentó mayor acumulación de biomasa fue el sistema a plena exposición solar no se encontró diferencia significativa ($Pr=0.4400$), con 640.9 g pta^{-1} (20.49%)

Para el mes de diciembre 2003 el mayor promedio lo obtuvieron los sistema de café a pleno sol con $503.91 \text{ g pta}^{-1}$ (26.64%) no se encontró diferencia significativa para dicho sistema ($Pr=0.1022$). En junio del 2004 no se reflejo diferencia significativa ($Pr=0.4301$) obteniendo el mayor promedio de biomasa el sistema café con sombra con fertilizante (CSF) con $814.2. \text{ g pta}^{-1}$ (22.53%) (Anexo 3)

Entre el mes de Agosto 2002 y Junio 2004 el sistema que incrementó más la biomasa seca de raíces fue el café bajo sombra y fertilización (CSF) en 377% seguido del tratamiento a pleno sol con 237% y el menor las plantas de café con sombra sin fertilización con 209%.

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 los más importantes para el desarrollo del sistema radicular.

Henoa (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 muy importante ya que los sistemas a pleno sol al estar expuestos el suelo a la radiación solar directa aumenta la evaporación de agua y consigu la temperatura del suelo.

❖ 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, que a su vez emiten ramas secundarias y terciarias, conjunto de órganos productores de frutos (Henaó, 1982) y las hojas, para que todas reciban luz y aire, y la de conducir la savia (FNC, 1969) bruta y elaborada.

El análisis demuestra que no existe diferencia significativa ($\text{Pr}=0.2769$) 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 $266.13 \text{ g.pta}^{-1}$ (18.82 %). Para el mes de Diciembre 2002 no existe diferencia significativa pero el mayor promedio lo obtuvo el mismo sistema (CsolF) con $363.13 \text{ g pta}^{-1}$ (19.95 %), ($\text{Pr}=0.8145$) (Tabla 7).anexo 3

Para el mes de Junio 2003, igual al muestreo anterior no existe diferencia estadística ($\text{Pr}=0.0688$) ubicando al sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con el mayor promedio $496.03 \text{ g pta}^{-1}$ (20.87 %) (Anexo 3). Para el mes de septiembre 2003 el análisis de varianza demuestra que no existe diferencia significativa ($\text{Pr}= 0.6898$) obteniendo el mayor promedio de biomasa seca el sistema CSF con $513.36 \text{ g pta}^{-1}$ (17.98%).

En el análisis de varianza demuestra que no existe diferencia significativa ($Pr=0.7777$) para mes diciembre 2003 obteniendo el mayor promedio de biomasa seca de tallo el sistema CSolF con $520.25 \text{ g pta}^{-1}$ (20.89%). En junio 2004 el sistema que obtuvo el mayor promedio de biomasa seca en el tallo fue café sombra con fertilizante (CSF) con $922.61 \text{ g pta}^{-1}$ (25.52%).no se encontró diferencia significativa ($Pr=0.7477$).

El mayor incremento en biomasa seca de tallo lo presentó el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con 413% y el menor el sistema café a plena exposición solar con 270% y similar a las plantas a plena exposición solar con 270% de aumento de biomasa con respecto al peso inicial.

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

Las ramas o bandolas son 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, ($Pr=0.9114$) Diciembre 2002 ($Pr=0.1095$) y Junio 2003 ($Pr=0.3660$), 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 %), este mismo sistema (CSF) obtuvo el mayor promedio con $352.38 \text{ g pta}^{-1}$ (19.05 %) en el mes de Diciembre 2002 y en junio 2003 el sistema que presentó el mayor promedio fue el sistema café a pleno sol con $583.76 \text{ g pta}^{-1}$ (21.16 %). (Anexos 3)

En el mes de septiembre del 2003 el sistema CsolF tuvo la mayor biomasa con $532.03 \text{ g pta}^{-1}$ (17.01%) y no se encontró diferencia significativa ($Pr=0.9312$). En diciembre 2003 las plantas a pleno sol superaron en biomasa a las plantas bajo sombra sin fertilizante ($Pr=0.679$) $507.13 \text{ g pta}^{-1}$. En junio 2004 el sistema (CSF) que presentó mayor promedio de biomasa en las ramas con $857.69 \text{ g pta}^{-1}$ (23.73%) no encontrándose diferencias estadísticas ($Pr=0.7598$).

El mayor aumento de biomasa seca de ramas se produjo en el sistema café sombra con fertilizante (CSF) con 386% seguido de las plantas a plena exposición solar con 264% y menor fue el sistema sombra sin fertilizante (CS) con 206%.

❖ 3.3.4. Biomasa seca de hojas (g pta⁻¹)

La hoja es otro órgano fundamental del cafeto y realiza tres funciones fundamentales para la vida de la planta; siendo 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 presentó diferencia estadística significativa en (Agosto (Pr=0.2698) y Diciembre 2002 (Pr=0.1559) Donde el mayor peso lo obtuvo el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 529.34 g pta⁻¹ (35.31 %), en agosto 2002. 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 %), (Anexos 3)

En el mes de Junio 2003 no se presentó diferencia estadística significativa (Pr=0.6792) los sistemas a plena exposición solar (CSolF) con el mayor promedio 768.19 g pta⁻¹ (27.85 %). En el mes de septiembre 2003 no se encontró diferencia significativa (Pr=0.5461) donde los mayores resultados lo obtuvo CSF con 741.13 g pta⁻¹ (25.98%). Para el mes de diciembre 2003 el mayor peso lo presentó el sistema café con sombra sin fertilizante (Pr=0.0015) con 582.3 g pta⁻¹ (25.33%). Para el mes de junio 2004 el sistema que presentó mayor promedio de biomasa en hojas sin diferencia significativa fue el sistema café sombra con fertilizante (Pr=0.5026) con 856.71 g pta⁻¹

El mayor incremento de biomasa de las hojas lo obtuvo el sistema café sombra con fertilizante con 204% seguido de las plantas de café a plena exposición solar con 134% y el menor incremento lo obtuvo el sistema café bajo sombra sin fertilizante con 105%

❖ 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 la baya alcanza su tamaño final, le sigue un período en el que el crecimiento está prácticamente detenido y finaliza cuando este comienza a madurar en que la baya se alarga ligeramente. 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 meses de muestreo (Agosto 2002, (Pr=0.9519) y Diciembre 2002, (Pr=0.9823) 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 %), 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 %). para junio 2003 el mayor promedio lo obtuvo el sistema a plena exposición solar (CSolF) 417 g pta⁻¹

.Para el mes de septiembre 2003 el mayor promedio lo obtuvo el sistema CSolF con 786.5 g pta⁻¹ (25.14%) no se encontró diferencia significativa (Pr=0.5592) En diciembre 2003 el CSolF no se encontró diferencia significativa (Pr=0.5033) fue el resultado mas alto con 454.23 g pta⁻¹ (18.24%). En junio 2004 no se reflejo diferencia significativa (Pr=0.4537) para los frutos obteniendo los mayores promedios el sistema café a pleno sol con 394.94 g pta⁻¹ (13.88%) Anexo.3.

Al estimar el incremento en biomasa seca de frutos el sistema que presentó mayor aumento fue el sistema café a plena exposición solar con 217% seguido del sistema de café sombra con fertilizante con 106% y el menor fue para el sistema café sombra sin ferlizante con 91%.

Pues la respuesta que obtuvieron las plantas ayuda a afirmar que los abonos impulsaron el desarrollo vegetativo del plantío y los elementos minerales no fueron malgastados en el suelo por los procesos de lixiviación, reducción u oxigenación

En general la mayor acumulación de biomasa seca cedió en las hojas con un 23% seguido de los frutos con 22% y los menores porcentajes se obtuvieron en raíz con 19% las ramas con 17% y el tallo con 16%.

El comportamiento porcentual de la biomasa seca en los compartimientos 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; aunque a medida que aumenta la edad de la planta en términos de porcentaje disminuye 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.

Tabla 7. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (g pta) en los componentes de la planta de café. Finca San Francisco. Carazo de agosto 2002 de junio 2004.

Sistema de Manejo	componente	Gramos (g) por planta de biomasa seca.					
		Ago/02	Dic/02	Jun/03	Sep/03	Dic/03	Jun/04
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	215.75	349.38	467.80	482.75	405.86	814.2
	Tallo	223.25	355.25	496.03	513.11	498.54	922.61
	Ramas	222.18	352.38	496.21	531.78	505.19	857.7
	Hojas	420.66	620.88	640.04	741.13	390.92	856.71
	Frutos	153.03	172.44	276.4	583.8	335.26	163.36
	Total	1234.87	1850.33	2376.48	2852.57	2135.77	3614.58
Café a pleno sol y Fertilización (CsolF)	Raíces	269.38	391.75	517.11	640.9	514	639.4
	Tallo	266.13	363.13	472.10	487.69	520.25	718.90
	Ramas	252.23	338.89	583.76	532.03	509.18	666.4
	Hojas	440.60	566.51	768.19	680.53	469.37	589.05
	Frutos	182.16	159.80	417.33	786.5	454.23	421.24
	Total	1410.50	1820.08	2758.49	3127.65	2489.8	3034.99
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	326.13	371.63	485.63	527.33	434.44	698.6
	Tallo	249.25	323.50	478.23	444.2	512.88	724.69
	Ramas	248.48	295.19	442.55	443.91	420.71	510.8
	Hojas	529.34	490.14	663.66	629.9	582.3	555.60
	Frutos	146.24	163.18	307.26	538.4	347.85	133.00
	Total	1499.44	1643.64	2377.33	2581.54	2298.18	2622.69

Tabla 8. Efecto de los sistemas de manejo sobre la distribución de la biomasa seca (%) en los componentes de la planta de café. Finca San Francisco. Carazo de agosto 2002 al 2004.

Sistema de		Porcentajes (%) de biomasa seca.					
Manejo	Componente	Ago-02	Dic/02	Jun/03	Sep./03	Dic/03	Jun/04
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	17.47	18.88	19.69	16.92	19	22.53
	Tallo	18.08	19.19	20.87	17.98	23.34	25.52
	Ramas	17.99	19.05	20.88	18.64	23.65	23.73
	Hojas	34.07	33.56	26.93	25.98	18.3	23.71
	Frutos	12.39	9.32	11.63	20.46	15.69	4.52
	Total	100	100	100	100	100	100
Café a pleno sol y Fertilización (CsoIF)	Raíces	19.09	21.53	18.75	20.49	20.64	21.07
	Tallo	18.87	19.95	17.11	15.57	20.89	23.69
	Ramas	17.88	18.62	21.16	17.01	20.45	21.69
	Hojas	31.24	31.12	27.85	21.75	18.85	19.41
	Frutos	12.92	8.78	15.13	25.14	18.24	13.88
	Total	100	100	100	100	100	100
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	21.75	22.61	20.43	20.42	18.9	26.64
	Tallo	16.62	19.68	20.12	17.2	22.31	27.63
	Ramas	16.57	17.96	18.61	17.19	18.3	19.48
	Hojas	35.31	29.82	27.92	24.39	25.33	21.18
	Frutos	9.75	9.93	12.92	15.13	15.13	5.07
	Total	100	100	100	100	100	100

3.4. Efecto del manejo de sombra y fertilización sobre la acumulación (g N pta^{-1}) de nitrógeno en plantas de café.

Bornemisza (1982) citado por Fournier (1988 a) menciona que el nitrógeno es el elemento más importante para la planta de café, es requerido en mayor proporción para lograr su normal desarrollo (Henaó, 1982). Entre las diversas 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). Esta sustancia excita la producción de hojas y es absorbida mucho por el café en los primeros años de vida (FNC, 1969).

La concentración (%) promedio de nitrógeno en los diferentes componentes de la planta en la finca San Francisco en el mes de Agosto 2002, los sistemas de manejo presentaron diferencia estadística, en los órganos raíces, tallos, ramas y hojas; no se registró diferencia en el componente frutos.

El sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) fue el que acumuló mayor cantidad de nitrógeno en las raíces ($6.00 \text{ g N pta}^{-1}$), tallo ($2.47 \text{ g N pta}^{-1}$) y hojas ($15.83 \text{ g N pta}^{-1}$); en las ramas ($3.30 \text{ g N pta}^{-1}$) y en el componente frutos ($2.82 \text{ g N pta}^{-1}$) en el sistema café a plena exposición solar (CSolF) (Anexo 4).

Los menores contenidos de nitrógeno en raíces ($3.75 \text{ g N pta}^{-1}$), tallos ($1.83 \text{ g N pta}^{-1}$), ramas ($2.76 \text{ g N pta}^{-1}$), y hojas ($9.68 \text{ g N pta}^{-1}$) lo presentó el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF); el sistema café bajo sombra sin fertilización (CS) presentó el menor contenido para el órgano frutos ($2.82 \text{ g N pta}^{-1}$).

De manera general o suma de todos los componentes 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 $30.42 \text{ g N pta}^{-1}$, seguido del café a plena exposición solar y fertilización (CSolF) con $28.50 \text{ g N pta}^{-1}$ y el menor el sistema café bajo sombra y fertilización (CSF) con $21.19 \text{ g N pta}^{-1}$; 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 encontró diferencia entre los sistemas de manejo en todos los órganos de la planta de café. La extracción de nitrógeno por sistema presenta al café bajo sombra y fertilizante (CSF) el mayor promedio con $35.67 \text{ g N pta}^{-1}$, seguido del café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con $35.43 \text{ g N pta}^{-1}$ y el menor al sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con $31.45 \text{ g N pta}^{-1}$ (Anexo 4), el componente de la planta que acumuló más nitrógeno en este mes fueron las hojas y el que acumuló menos los tallos (Anexo 4).

En Junio 2003 no se encontró ninguna diferencia entre los sistemas de manejo en todos los componentes. La extracción de nitrógeno por sistema presenta al café a plena exposición solar (CSolF) con la mayor acumulación $52.85 \text{ g N pta}^{-1}$, seguido del café bajo sombra y fertilizante (CSF) con $46.26 \text{ g N pta}^{-1}$ y la menor para el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con $44.67 \text{ g N pta}^{-1}$ (Anexo 4). El órgano de planta que asimiló la mayor cantidad de nitrógeno fueron las hojas y la menor fue el tallo (Anexo 4).

En septiembre 2003 las raíces presentaron la mayor acumulación en el sistema a pleno sol (Csof) con $11.71 \text{ g N. pta}^{-1}$ seguido del sistema sombra sin fertilizante (CS) con $9.19 \text{ g N pta}^{-1}$ y el menor el sistema sombra con fertilizante (CSF) con $8.64 \text{ g N pta}^{-1}$, pero el que aportó mayor acumulación de nitrógeno fue el sistema (Csof) con $59.41 \text{ g N pta}^{-1}$, seguido del sombra con fertilizante (CSF) con $54.28 \text{ g N pta}^{-1}$ y el menor el sistema sombra sin fertilizante (CS) con $50.42 \text{ g N pta}^{-1}$.

En diciembre 2003 la mayor acumulación de nitrógeno fue en el sistema a pleno sol (Csof) con $47.49 \text{ g N pta}^{-1}$. Seguido del café con sombra sin fertilizante (CS) con $40.09 \text{ g N pta}^{-1}$ y la menor acumulación fue café sombra con fertilizante (CSF) con $37.47 \text{ g N pta}^{-1}$.

En junio 2004 la mayor acumulación de nitrógeno se presentó en el sistema sombra con fertilizante (CSF) con $61.54 \text{ g N pta}^{-1}$, seguido de sistema a pleno sol (Csof) con $53.80 \text{ g N pta}^{-1}$ y la menor acumulación se dio en el sistema sombra sin fertilizante (CS) con $44.24 \text{ g N pta}^{-1}$.

La concentración del nitrógeno por componente de la planta de café muestra que las hojas es el órgano donde más se concentra este elemento, no obstante en el tallo donde se concentra en menor cantidad esta directamente relacionado a la constitución del tejido vegetal En términos generales el

sistema que extrajo la mayor cantidad de nitrógeno fue el café a plena exposición solar (CSolF) con $1387.4 \text{ kg/ha}^{-1}$, seguido por el sistema café bajo sombra con fertilizante (CSF) con $1282.05 \text{ kg/ha}^{-1}$ y el menor el café bajo sombra sin fertilizante (CS) con $1206.45 \text{ kg/ha}^{-1}$.

En el tiempo que duró el experimento, el sistema que incrementó más la extracción de nitrógeno fue el café bajo sombra y fertilizante (CSF) con $40.35 \text{ g N pta}^{-1}$, seguido del café a pleno sol y fertilizante (CSolF) con $25.3 \text{ g N pta}^{-1}$ y el que asimiló menos fue el café bajo sombra sin fertilizante (CS) con $13.82 \text{ g N pta}^{-1}$.

El efecto de los sistemas en el mes de Agosto 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 la planta que presentaron el mayor promedio de materia seca fueron los mismos para la extracción de nitrógeno.

Este comportamiento se debe principalmente a la radiación solar que recibe el café a pleno sol, por tal razón estas plantas absorben más nutrientes, la energía producida tiene gran significado en la eco fisiología 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.

Estos resultados se corroboran con los de Segura (1994a) demostrando que los cafetos cultivados bajo sombra regulada bajo tres diferentes niveles de fertilización las hojas presentaron el mayor porcentaje de nitrógeno, Chávez y Molina (2000) al evaluar la extracción de nitrógeno en dos cultivares de café Costa Rica 95 y Catuai cultivados a plena exposición solar encontraron que la mayor concentración de nitrógeno se encuentra en las hojas y la menor en los tallos. Carelli y Fahl (2000) al estudiar el crecimiento y asimilación de nutrientes del cafeto al sol y bajo sombra encontraron que el café asimiló una menor cantidad de nitrógeno en plantas cultivadas bajo sombra.

Tabla 9. Efecto de la sombra y fertilización sobre la extracción de nitrógeno (g pta) en plantas de café. Finca SanFrancisco. Carazo de agosto 2002 a junio 2004.

Sistema de Manejo	Componente	Extracción de nitrógeno (g N pta ⁻¹)					
		Ago-02	Dic/02	Jun/03	Sep./03	Dic/03	Jun/04
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	3.75	6.71	8.14	8.64	7.73	14.64
	Tallo	1.83	3.3	4.51	4.6	4.48	7.79
	Ramas	2.76	5.14	6.35	7.08	6.71	12.06
	Hojas	9.68	18	19.71	20.46	11.75	23.64
	Frutos	3.17	2.52	7.55	13.5	7.2	3.41
	Total	21.19	35.67	46.26	54.28	37.47	61.54
Café a pleno sol y Fertilización (CsoIF)	Raíces	5.25	7.4	8.58	11.71	9.03	11.69
	Tallo	2.1	3.59	3.82	4.4	4.31	5.94
	Ramas	3.68	5.22	8.11	7.76	6.81	9.72
	Hojas	13.44	16.09	23.12	20.2	16.43	17.49
	Frutos	4.03	3.13	9.22	15.34	10.91	8.96
	Total	28.5	35.43	52.85	59.41	47.49	53.8
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	6	6.28	8.26	9.19	8.42	12.25
	Tallo	2.47	3.04	3.83	4.43	5.09	5.69
	Ramas	3.3	4.28	5.62	6	5.76	6.89
	Hojas	15.83	14.9	20.11	19.07	13.99	16.77
	Frutos	2.82	2.95	6.85	11.73	6.83	2.64
	Total	30.42	31.45	44.67	50.42	40.09	44.24

Tabla 10. Efecto de la sombra y fertilización sobre la distribución (%) del nitrógeno en los diferentes componentes de las plantas de café. Finca San Francisco. Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004.

Sistema de Manejo	Componente	Extracción de nitrógeno en porcentajes (%)					
		Ago-02	Dic/02	Jun/03	Sep./03	Dic/03	Jun/04
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	17.72	18.8	17.59	15.92	19.56	23.79
	Tallo	8.64	9.26	9.76	8.47	11.96	12.66
	Ramas	13.01	14.42	13.73	13.04	17.91	19.6
	Hojas	45.68	50.46	42.61		31.36	38.41
	Frutos	14.95	7.06	16.31	37.69 24.87	19.22	5.54
	Total	100	100	100	100	100	100
Café a pleno sol y Fertilización (CsoF)	Raíces	18.43	20.89	16.24	19.74	19.01	21.73
	Tallo	7.38	10.14	7.23	7.41	9.08	11.04
	Ramas	12.92	14.73	15.35	13.06	14.34	18.07
	Hojas	47.15	45.39	43.74	34	34.6	32.51
	Frutos	14.12	8.85	17.44	25.82	22.97	16.65
	Total	100	100	100	100	100	100
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	19.73	19.96	18.49	18.23	21	27.69
	Tallo	8.11	9.68	8.57	8.79	12.7	12.86
	Ramas	10.86	13.61	12.58	11.9	14.37	15.57
	Hojas	52.02	47.37	45.02	37.82	34.9	37.91
	Frutos	9.28	9.38	15.34	23.26	17.04	5.97
	Total	100	100	100	100	100	100

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 influye 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 de café oro en el 2002, fue el sistema café bajo sombra sin fertilizante (CS) con 439 kg ha⁻¹ y el menor para el sistema café plena explosión solar (Csof) con 355 kg ha⁻¹ y muy cerca del sistema café sombra con fertilizante (CSF) con 401 kg ha⁻¹. En 2003, los mejores rendimientos los obtuvo el sistema café a pleno sol (Csof) con 2952 kg ha⁻¹ seguido del sistema café sombra con fertilizante (CSF) con 2600 kg ha⁻¹ y menor rendimiento se obtuvo en el sistema café sombra sin fertilizante (CS) con 2563 kg ha⁻¹.

Este incremento se debe a que es el segundo año de producción y se presentaron condiciones favorables como el microclima 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 poca luminosidad que reciben las plantas de café afectan el desarrollo de los frutos, ya que crecen frutos pequeños la cáscara se le pega al grano presentan hojas amarillas y pálidas, 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 y la planta por lo tanto se desgastara fisiológicamente y sus rendimientos serán bajos para las próximas cosechas.

El crecimiento del año anterior tiene influencia no tanto en el desarrollo del fruto sino mas bien en la capacidad productiva de la planta ya que el volumen de la cosecha esta determinado por el crecimiento del año anterior, particularmente el número de nudos formados en las ramas plagiotrópicas (Arias, 1982).

El sistema de café a plena exposición solar tuvo mayor número de ramas primarias, secundarias y terciarias productivas así como los mejores rendimientos, en cambio los sistemas café con sombra con fertilizante (CSF) y sin fertilizante (CS) obtuvieron rendimientos similares ,pero menores a pleno sol a lo cual éstos demandan mas agua y nutrientes y expresan su potencial de rendimiento mas temprano pero se agota en unos pocos años en cambio la presencia de sombra en los cafetos la producción es mas prolongada y estable .

Fuera de la zona óptima, a elevaciones menores, la producción de café al sol baja fuertemente debido al estrés por altas temperaturas y posiblemente a 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, como secado de ramas, caída de hojas, además, controla la temperatura del suelo y permite a la planta un mayor aprovechamiento de los nutrientes, y evita la perdida 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.

El sistema de café a plena exposición solar tuvo mayor número de ramas primarias, secundarias y terciarias productivas así como los mejores rendimientos, en cambio los sistemas café con sombra con fertilizante (CSF) y sin fertilizante (CS) obtuvieron rendimientos similares ,pero menores a pleno sol a lo cual éstos demandan mas agua y nutrientes y expresan su potencial de rendimiento mas temprano pero se agota en unos pocos años en cambio la presencia de sombra en los cafetos la producción es mas prolongada y estable .

Fuera de la zona óptima, a elevaciones menores, la producción de café al sol baja fuertemente debido al estrés por altas temperaturas y posiblemente a 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, como secado

de ramas, caída de hojas, además, controla la temperatura del suelo y permite a la planta un mayor aprovechamiento de los nutrientes, 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.

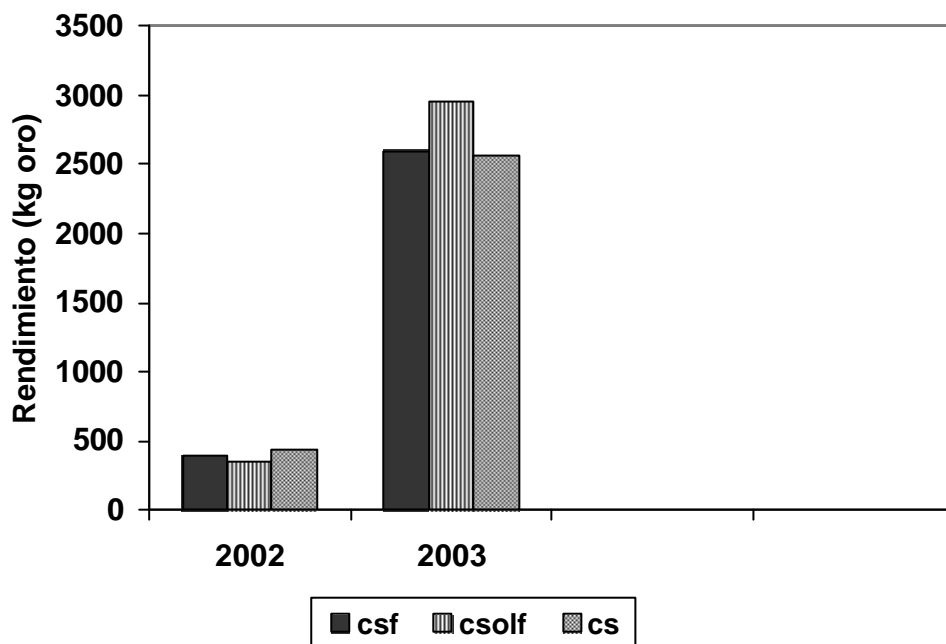


Figura 17. Efecto de los sistemas sombra, sol y fertilización sobre el rendimiento (Kg oro ha⁻¹) en cafetos. Finca San Francisco. Carazo, 2002 y 2003.

3.6. Relación entre momento de cosecha y las características físicas y organolépticas del grano de café.

Nicaragua tiene uno de los mejores cafés del mundo, la calidad o la demanda de café diferenciados 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 suministro bajo de café de alta calidad. En la conferencia anual de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), se dijo 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 del cultivo, los procedimientos del café en la finca, los procedimientos del café en el beneficio, la clasificación en el beneficio seco y las condiciones de almacenaje y transporte (Katzeff, 2001; Rodas, 1996; 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 que comprenden 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 uniformidad de color 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.

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

En los defectos del grano para el 2003 muestra que para las siete cosechas, los sistemas café sombra con fertilizante (CSF) obtuvieron un defecto que va de 4.30% - 9.20 % y para los sistemas a pleno sol (CSolF) resultaron un porcentaje de 6.65 %-8.10 % de defecto de los granos y el sistema café sombra sin fertilizante (CS) fue de 3.40 %-13.70 % de defecto.

Entonces se puede afirmar que el crecimiento natural de la planta ayuda a desarrollar estructuras productivas más adecuadas a sostener la formación y la maduración de los frutos, sea como uvas que como oros.

Se precisa que en los dos primeros años de investigación los procesos post- cosecha fueron ejecutados por los estudiantes y en condiciones no adecuadas a los tratamientos, por eso que en el último año se entregaron la cosecha al Jardín Botánico de Masatepe, donde se procesó el café y luego se sacaron las muestras que se fueron analizadas por el laboratorio de CERCAFENIC. Seguramente la falla de los primeros años incidió sobre los resultados de los análisis, comportando en porcentaje mayor de defectos y de tazas que resultaron dañadas.

En el 2003, donde se tuvo el máximo rendimiento de las tres parcelas, también se obtuvo una disminución porcentual del tamaño, entre 20 y 16, de los granos. Sobre todo el sistema bajo sombra con fertilización tuvo la reducción más acentuada. No obstante en el mismo año, diciembre 2003, el siguiente manejo obtuvo, también, una importante disminución en el contenido de nitrógeno y en la acumulación de biomasa. Estos datos confirman lo señalado por la UNICAFE (1996), que el café demanda el nitrógeno principalmente para su crecimiento, este elemento participa activamente en la formación de la madera, hojas, frutos y en la actividad fotosintética de la planta. Su deficiencia se manifiesta por amarillamiento del follaje que inicia en las hojas más viejas y se extiende hacia el ápice, produciendo la caída de las mismas, interfiere en el crecimiento de los frutos.

No se encontraron diferencias significativas entre los tres sistemas de manejo, pero se puede señalar que el momento de cosecha influye en el tamaño de los granos; porque los meses de noviembre y diciembre, siempre, obtuvieron el porcentaje mayor entre el 16 y el 20 (tabla 7) Se tiene que precisar que el corte pleno (llamado también segundo pase), se realiza desde noviembre hasta enero y en este período se cosecha aproximadamente un 70% de la producción.

No obstante autores como, Fernández y Muschler (1999), Wintgens (1992), Alpizar (1998), Fournier (1988a y 1988b), Cumba (1987), ISIC (1983), afirman el efecto de la sombra sobre la obtención de mayores porcentajes de frutos de buen tamaño de la clase de exportación.

El aspecto o apariencia del grano oro obtuvo un sensible mejoramiento de un año con el otro (tabla 7, sobre todo en el caso del sistema a pleno sol (CSolF), donde obtuvo en las últimas cosechas de los años 2003/04 unos resultados “bueno, regular”. También, por el tratamiento bajo sombra con fertilizante (CSF), pero solamente en las cosechas cinco y seis del 2003/04. No obstante el café con sombra sin fertilización (CS) alcanzó solamente aspecto variados.

El tostado presentó una evolución con el transcurrir de las investigaciones, dado que tuvo un mejoramiento durante los años, pasando de “regular, disparejo” a “regular” y “regular, bueno”, independientemente del tratamiento. No obstante la cosecha influye sobre la calidad del tostado, por que las recolectas de los meses de noviembre, diciembre y enero, que son, también, las mas abundantes, tuvieron la mejor respuesta en termino de apariencia del tostado, come se puede observar en la (tabla 7)

Tabla 11. Relación entre cosecha y características físicas del grano de café, 2003. Finca San Francisco. Carazo.

Cosecha y Sistema	Características físicas				
	Tamaño Cribas	Humedad (%)	Aspecto	Tostado	Defectos
C1-CSF	20 al 16 el 70.70%	8.14%	Regular	Regular	21.20 defectos
	15 al 13 el 29.30%		Disparejo	disparejo	5.45%
C1-CsolF	20 al 16 74.45%	7.94%	Regular	Regular	20 defectos
	15 al 13 el 25.55%		Disparejo	Disparejo	5%
C1-CS	19 al 16 el 56.60%	7.84%	Regular	Regular	43.40 defectos
	15 al 13 el 43.40%		imperfecto	Disparejo	7.90%
			Disparejo		
C2-CSF	18 al 16 el 33.73%	7.44%	Regular	Regular	28.40 defectos
	15 al 13 el 66.27%		Disparejo	Disparejo	4.33%
C2-CsolF	19 al 16 48.20%	7.94%	Regular	Regular	57.20 defectos
	15 al 13 el 51.80%		Imperfecto		7.13%
			Disparejo		
C2-CS	19 al 16 el 55.98%	7.74%	Imperfecto	Regular	35.4 defectos
	15 al 13 el 44.02%		disparejo		5.53 %
C3-CSF	20 al 16 el 66.25%	8.14%	Imperfecto	Regular	35.2 defectos
	15 al 13 el 33.75%		disparejo		9%
C3-CsolF	20 al 16 el 70.90%	8.14%	Regular	Regular	14.60 defectos
	15 al 13 el 29.10%		disparejo	disparejo	3.65%
C3-CS	20 al 16 el 76.85%	7.74%	Regular	Regular	16.40 defectos
	15 al 13 el 23.15%		Disparejo	disparejo	4.65%
C4-CSF	19 al 16 el 36.99%	8.14%	imperfecto	Regular	43.60 defectos
	15 al 13 el 63.01%		Disparejo	disparejo	6.90%
C4-CsolF	18 al 16 el 35.20%	7.74%	imperfecto	Regular	27.60 defectos
	15 al 13 el 64.80%		Disparejo		8.10%
C4-CS	18 al 16 el 33.60%	7.74%	Regular	Regular	51 defectos
	15 al 13 el 66.40%		imperfecto	disparejo	13.70%
C5-CSF	19 al 16 el 69%	7.94%	Bueno regular	Regular	16.6 defectos
	15 al 13 el 31%				4.30%
C5-CsolF	20 al 16 el 71.45%	8.14%	bueno regular	Regular	28.60 defectos
	15 al 13 el 28.55%				6.95%
C5-CS	20 al 16 el 71.60%	8.14%	Regular	Regular	20 defectos
	15 al 13 el 28.40%		Disparejo		6%
C6-CSF	19 al 16 el 82.25%	7.94%	Bueno	Regular	13.8 defectos
	15 al 13 el 17.75%		Regular		4.95%
C6-CsolF	19 al 16 el 80.22%	7.94%	bueno regular	Bueno	12.80 defectos
	15 al 13 el 19.80%			Regular	3.90%
C6-CS	19 al 16 el 83.55%	8.14%	Regular	Regular	10.8 defectos
	15 al 13 el 16.55%				3.40%
C7-CSF	19 al 16 el 79.55%	8.54%	pálido	Regular	28.10 defectos
	15 al 13 el 20.45%		Disparejo		9.20%
C7-CsolF	20 al 16 el 80%	8.34%	Regular	Regular	18 defectos
	15 al 13 el 20%				6%
C7-CS	20 al 16 el 88.20%	8.34%	Regular	Regular	18.16 defectos
	15 al 13 el 11.80%		Disparejo	disparejo	6.55%

3.6.2. Características organolépticas

Para evaluar correctamente la calidad del café, se evalúan sus caracteres cualitativos 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, esta es la fase de la calificación donde es más importante la habilidad personal y experiencia del catador.

Las particularidades aromáticas y gustativas del café son establecidas en apreciaciones sensoriales al oler y sorber la infusión y se determina su calidad mediante la valorización cualitativa del aroma, cuerpo y acidez (Mora, 1989). 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 calidad relacionada al contenido de ácidos en el grano resultado del metabolismo de azúcares durante la maduración del fruto; el cuerpo es la calidad de la taza relacionada con los sólidos solubles en la infusión la cual 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.

En el curso de la investigación, independientemente del sistema de manejo agronómico, se encontraron tres tipos de calidad de café:

- Lavado Matagalpa/Jinotega (**SHG = Strickly High Grown**): café de la región Norte del País, de buen color, verde claro, parejo, grano duro, sin granos sobrecalentados con humedad de 11,50 % aceptable, 12% preferible. Taza de buen sabor, con cuerpo, acidez balanceada, limpia de daños.
- Lavado Nicaragua/Standard (**Bueno Lavado o GW = Good Washed**): color verde claro un poco pálido, ranura bastante recta y abierta. Tostado se presenta liso, claro, disparejo, sin carácter, rápido en el punto del tueste. Aroma tenue “apagado”, limpio, cuerpo y acidez, muy suaves (taza suave o desabrida). Según el Ministerio de Fomento Industria y Comercio (MIFIC, 1999), el café lavado tipo Nicaragua se produce en el Pacífico de Nicaragua, a una altitud que varía de 450 a 750 msnm.
- Lavado Imperfecto.

De manera general el mejor café se produjo en la cosecha seis representando un 39.59% de la cosecha total independientemente de los sistemas originando un tipo **SHG** calidad café lavado Matagalpa /Jinotega y una taza limpia de daños (**OK**). Estos resultados son similares a los obtenidos por Katzeff (2001), Figueroa (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.

Teniendo en consideración, que en los dos primeros ciclos cafetaleros el proceso del beneficiado tuvo hecho por los estudiantes y que la falta de medios adecuados o de experiencia ha podido influir negativamente sobre los resultados de los análisis; se señala que, al momento, no existen diferencias significativas entre la calidad de los tres sistemas y con el curso de los años, llegando a la madurez productiva del plantío la respuesta cualitativa obtuvo un importante incremento. A nivel general es posible afirmar que el cafeto bajo sombra con fertilización (CSF) es el que presentó una calidad sensiblemente mayor, pero que no permite de considerar las diferencias como debidas al solo manejo agronómico.

Tabla 12. Relación entre cosecha y las características organolépticas del grano de café. Finca San Francisco. Carazo.

Cosecha y Sistema	Características Organolépticas					Tipo	Calidad
	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza		
C1-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	V/V/2	GW	Café Lavado nicaragua
C1-CSoIF	Bueno	Regular	Bueno	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua
C1-CS	Regular	Regular	Regular	Regular	RIO/O	IMPERFE CTO	Café Lavado imperfecto
C2-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	V/M/1	GW	Café Lavado Nicaragua
C2-CSoIF	Regular	Regular	Regular	Regular	D/V/1	IMPERFE CTO	Café Lavado Imperfecto
C2-CS	Regular	Regular	Regular	Regular	D/T/O	IMPERF	Café Lavado Imperfecto
C3-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	V/Q/1	IMPERFE CTO	Café Lavado imperfecto
C3-CSoIF	Regular	Regular	Bueno 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-CSoIF	Regular	Regular	Regular	Regular	Q/O	IMPERFE CTO	Café Lavado imperfecto
C4-CS	Regular	Regular	Regular	Regular	Q/O	IMPERFE CTO	Café Lavado imperfecto
C5-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua
C5-CSoIF	Bueno Regular	Regular	Bueno Regular	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua
C5-CS	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK	GW	Café Lavado Nicaragua
C6-CSF	Bueno Regular	Bueno Regular	Bueno Regular	Bueno Regular	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa Jinotega
C6-CsoIF	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	V/2	SHG	Café Lavado Matagalpa Jinotega
C6-CS	Regular	Regular	Regular	Regular	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa Jinotega
C7-CSF	Regular	Regular	Regular	Regular	AG/V/2	IMPERFE CTO	Café Lavado imperfecto
C7-CSoIF	Regular	Regular	Regular	Regular	V/V/1	SHG	Café Lavado Matagalpa Jinotega
C7-CS	Regular	Regular	Regular	Regular	V/Q/1	SHG	Café Lavado Matagalpa Jinotega

IV. CONCLUSIONES

- El sistema de café con sombra y fertilizante (CSF) presentó la mayor altura de las plantas de café en todos los meses de muestreo. El diámetro del tallo fue mayor en los primeros cuatro meses de muestreo en el sistema café a pleno sol y en los muestreos restantes tuvo mayor diámetro el sistema café con sombra y fertilizante. La proyección de copa tuvo variaciones, pero al final el sistema café con sombra y fertilizante fue donde se obtuvieron los mayores valores; el mayor número de nudos en el tallo se presentó en el sistema café a pleno sol.
- El mayor número de ramas primarias totales y primarias productivas se encontró en el sistema café con sombra y fertilizante (CSF) y el mayor número de ramas secundarias y terciarias tanto totales como productivas se presentaron en las plantas de café a pleno sol (CSolF) presentando este mismo sistema mayor número de ramas agotadas.
- El componente de la planta de café que acumuló un porcentaje mayor de biomasa fue las hojas (entre 25.03 % y 27.32 %) y se acumuló menos biomasa fueron los frutos (entre 11.32 % y 15.68 %) independientemente del sistema de manejo y momento de muestreo.
- El café asociado con *glericidia sepium* y la aplicación fertilizantes presentó una mayor acumulación total de biomasa seca y bajo sombra sin fertilizante presentó la menor acumulación de biomasa en las plantas de café.
- La acumulación de nitrógeno en términos de porcentaje por componente de la planta de café, muestra que las hojas son el componente que demanda más nitrógeno (entre 39.59 % y 42.50 %) que los demás componentes y la menor acumulación la obtuvo el tallo (entre 8.71 % y 10.21 %) independientemente del sistema de manejo y el momento de muestreo. El sistema de café con sombra y fertilizante demandó más nitrógeno (%) que los sistemas de café bajo sombra sin fertilización y pleno exposición solar.

- Los mejores rendimientos se obtuvieron en el sistema café a pleno sol (CSolF) con 2952 kg/ha, en cambio en los sistemas bajo sombra los rendimientos fueron mas bajos esto es debido a eficiencia fotosintética.
- La mejor calidad del grano de café oro se obtuvo en cosecha seis **SHG** café lavado Matagalpa Jinotega de un total de 7 cosechas en los tres sistemas con un porcentaje de (39.59%) de la cosecha total.

V. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones similares tomando variables mas precisas que se correlacionen con el rendimiento como área foliar, radiación fotosintética activa (RAFA), número de nudos productivos en las ramas, número de frutos por nudo productivo y otras que determinen con una mayor precisión el rendimiento.
- Contraponer estos estudios con otros tipos de ambientes y de manejos donde se cultiva café en Nicaragua como en la zona alta y compararlos para estudiar la ecofisiología de la planta y determinar modelos de predicción para zonas diferentes.
- No mezclar el café oro producto de las diferentes cosechas del ciclo productivo ya que en las cosechas intermedias se obtiene mayor calidad.
- Dar un buen manejo de beneficiado al café tales como: dar el punto de fermentado adecuado, lavar con aguas limpia el café, secado adecuado buenas condiciones de almacenamiento para obtener buenas calidades.
- El beneficiado húmedo y seco debe hacerse en lugares apropiados para no perder la calidad de café que se obtiene al momento de la cosecha.
- 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 spp.* y en Costa Rica con *Erythrina poeppigiana*.

- Incentivar los análisis de calidad física y organoléptica, dado que actualmente es la peculiaridad que permite mayor salidas, sobretodo en un País que no puede competir en cantidad, de mercado con márgenes de ganancia mayores.
- Continuar con esta investigación para evaluar el sistema que tiene la mayor continuidad en el curso de los años, que sea menos sujeto a agotamiento a nivel estructural y de rendimiento.

REFERENCIAS

- Aguilar, C. A. 2000. Evaluación de Sistemas Agroforestales con café asociados con *Eucalyptus deglupta* o *Terminalia ivorensis* e implicaciones metodológicas. Tesis de Maestría. CATIE. Costa Rica. 73 pp.
- Aguilar, G. 1995. Variedad Costa Rica 95. ICAFE. 1ra Edición. San José, Costa Rica. 30 pp.
- Aguilar, V. 1990. Effects of soil cover and weed management in a coffee plantation in Nicaragua. Tesis de Maestría. p 25-32.
- 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 55-82
- Alvim, P. de T. 1962. Fisiología del Cafeto. Vida Agrícola. Perú V. 39. p 633-647
- ANACAFE. 1998. Manual de caficultura. 3era. Edición Guatemala. 317 pp
- Arias, M. O. 1982. Algunos aspectos sobre fisiología de crecimiento y desarrollo del cafeto. Curso de Caficultura para técnicos .ANACAFE, CATIE. Guatemala. p 66-79
- Arias, S. G; M. O. Arias; Z. G. y Gutiérrez. 1976. Relaciones entre las características morfológicas y la producción en cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.). MAG-UCR. Costa Rica. 2 pp
- Beer, J. 1997. Café bajo sombra en América Central: ¿hace falta mas investigación sobre este sistema Agroforestal exitoso? Agroforesteria en las Americas. 4 (13): pp 4-5.
- Bertrand, B; G. Aguilar; R. Santacreo; F. Anzuelo. 1999. El mejoramiento genético en América Central. *En.* Bertrand, B; Rapidel, B. *Eds.* Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA. p 407-456

- Blanco, N. M. 1984. Cultivos Industriales. El café. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 209 pp
- Briceño, J. O y O. E. Arias. 1992. Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) I. Crecimiento vegetativo y reproductivo de tres cultivares. *Agronomía Costarricense* 16 (1) p 125-130.
- Carelli, M. L y J. I. Fahl. 2002. Crecimiento y asimilación de carbono y nitrógeno en plantas jóvenes de *Coffea* en condiciones de sol y sombra. *En XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*. Costa Rica. p 101-108
- Carvajal, J. F. 1984. Cafeto-Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. 2da. Edición. Berna, Suiza. 254 pp
- Chaves, A. V. y E. Molina. 2000. Extracción de nitrógeno en dos cultivares de café en Costa Rica. *En XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura*. Costa Rica. p 155-165
- Coste, R. 1969. El Café. Primera Edición. San José, Costa Rica. 285 pp
- Fernández, C. E. y R. G. Muschler. 1999 Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivos de café en América Central. *En: Bertrand, B; Rapidel, B. Eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica. CIRAD, IICA. p 69-96
- FNC. 1969. Manual del Cafetero Colombiano. 2da Edición. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 475 pp
- Fournier, L. A. 1988a. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o la sombra: Un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12 (1): p 131-146
- Fournier, L. A. 1988b. Fundamentos ecomorfofisiológicos de importancia en la nutrición mineral del cafeto. *En Curso Regional Sobre nutrición mineral del café*. IICA/PROMECAFE. San José, Costa Rica. p 1-23

- García, L. 2001. Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos. Texto básico. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 182 pp
- Guevara, B. E. 1988 Periodicidad de la absorción de nutrientes y su efecto sobre el desarrollo y la productividad del cafeto. *En* Curso Regional Sobre nutrición mineral del café. IICA/PROMECAFE. San José, Costa Rica. p 39-54
- Henaó, J. J. 1982. El café en Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 1ra Edición. Caracas, Venezuela. 288 pp
- ISIC. 1977. Manual Técnico del Cultivo del Café en El Salvador. Fondo Especial de Desarrollo. Nicaragua. 201 pp
- ISIC. 1983. Morfogénesis. *En*: Curso Sobre fisiología del cafeto. San Salvador, El Salvador. p 41-54.
- Katzeff, P, 2001. “*The coffee cuppers’ manifesto. First edition*”. Thanksgiving coffee company. California, USA, 84 pp
- Jaramillo R. A. y Valencia A. G. 1980. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchina, Colombia. CENICAFE (Colombia) 31 (4): p 127-141
- Laboratorio de Suelos y Aguas. 2002. Análisis físico y químico de suelos. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2 pp
- López, M y G. Ortega. 2002. La prensa. Polémica fiscal de la crisis cafetalera. 24 de junio del 2004 Managua, Nicaragua. 20 pp
- Maestri, M. y R. S. Barros. 1981. Ecofisiología de cultivos tropicales: Café. IICA/PROMECAFE. Guatemala. 50 pp

- Marín, C. E. 1990. Estudios Agroecológicos y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario Región IV. MAG. Nicaragua. 242 pp
- Mendoza, V. R. 2002. La Paradoja del Café: el gran negocio mundial y la peor crisis campesina. 1ra. Edición. Managua, Nicaragua. 150 pp
- Muñoz, G. 1997. Importancia de la sombra en el cafetal. Agroforestería en las Américas .p 4 (13): p 25-29.
- Muschler, R. G. 1999. Sombra o Sol para un café sostenible: un enfoque de una vieja discusión. Boletín PROMECAFE 81. p 14-16
- Nosti, N. J. 1970. Cacao y Café. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 698 p
- Osorio G. L., Gomes D. M., Zepeda R. A. Y García P. P. 2004. Estrategia para la reconversión y la diversificación competitiva de la caficultora en Nicaragua. 1 ed. 30 de septiembre 2004. 127pp
- Ramírez, J. E. 1996. Poda y Manejo de *Coffea arabica* L. 1ra. Edición. Heredia, Costa Rica. 60 pp
- Ramírez, M. L. G. 1993. Producción de café bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de poro. *En: XVI Simposio sobre Caficultora Latinoamericana. IICA/CONCAFE. Managua, Nicaragua.* p 404-408
- Salazar, A. J; C. F. Orozco; P. J. Clavijo. 1988. Características morfológicas, productivas y componentes del rendimiento de dos variedades de café: Colombia y Caturra. CENICAFE (Colombia) p 39 (2): 43-60.
- Salvesen, D. 1996. Un dilema: el café se sol. Revista Abecafé. Brasil No. 24. 1 pp
0-12, 37-38

- 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 1-68
- Segura, M. A. 1994a. Cuantificación del aporte de nutrimentos y de materia seca del material de poda de cafetos abonados con dos programas de fertilización. Informe anual de labores 1993. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. p 17-21
- Segura, M. A. 1994b. Cuantificación del aporte de materia seca y nutrimentos del material de poda en cafetales al sol y bajo sombra regulada. Informe anual de labores 1993. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. p 11-16
- Suárez de Castro, F.; L. Montenegro; C. Aviles; M. Moreno; M. Bolaños. 1961. Efecto del sombrero en los primeros años de vida de un cafetal. *Café de El Salvador*. V.31 .El Salvador. p 17-350
- UNICAFE. 2003. Revista El Caficultor. Año I Segunda Época. No. p 1. 46
- Vasst, P y D. Snoeck. 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 139-169
- Zamora, Q. L. 1998. Manual de Recomendaciones para el cultivo del Café. ICAFE. 1era. Edición. San José Costa Rica. 195 pp
- Zelaya, U. J y F. C. Sotelo. 2000. Manejo de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en dos años consecutivos (1988/1999). Tesis Ing Agrónomo. UNA-Nicaragua. 50 pp

ANEXOS

Anexo 1. Variables de crecimiento de las plantas de café .finca San Francisco .San Marcos, Carazo de agosto del 2002 al junio del 2004.

Alturas de plantas en (cm)

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	116	136.11	166	170.25	179.87	204
CSOLF	116.25	130.85	147.25	155	157.5	168
CS	118.25	133.38	155.13	164.25	176.62	189

Diámetro de las plantas en (mm)

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	30.8	36.7	41.5	42.2	48.7	49.8
CSOLF	32.1	37.5	42.6	42.3	47.3	47
CS	30.8	34.9	39	40.3	41.5	45.8

Proyección de copa en m²

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	1.5	1.72	2.6	2.63	2.46	1.89
CSOLF	1.63	1.91	2.27	2.03	1.91	2.32
CS	2.05	1.73	2.2	2.11	2.15	2.09

Números de Nudos Totales en el Tallo

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	27.13	31	38.63	39.37	45.4	41
CSOLF	26.13	30	35.75	37.75	47.2	42.5
CS	26.63	31.75	35.5	35.87	45.2	36.37

Ramas Primarias Totales en el Tallo

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	48.38	51.5	68.75	74.25	72.5	82.6
CSOLF	47.63	54.75	63.13	68.62	74.87	76.2
CS	46	55.63	65.38	67.75	66.75	74.2

Ramas Secundarias Totales en el Tallo

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	36.38	56.38	95.5	109.5	93.63	142.4
CSOLF	40.63	52.5	121	134.87	121.5	100.6
CS	39.25	47.38	87.13	81.88	90.13	164.8

Ramas Terciarias Totales en el Tallo

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	2.63	7.75	14	15.02	20.87	38.2
CSOLF	2.13	11.5	16.13	14.88	17.87	45.2
CS	6.88	3.38	11.38	8.5	13.75	34.2

Ramas Agotadas Totales en el Tallo

sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	3.25	0.13	2	2.12	5.25	3
CSOLF	0.88	0.63	2.13	2.88	8.5	7
CS	3.25	0.75	1.75	1.62	0.37	5

Anexo 2. Variables de estructura productivas de las plantas de café .finca San Francisco. San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004.

Ramas Primarias Productivas						
sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	29.38	28	52.25	51.25	50.5	47.4
CSOLF	30.63	28.5	47.25	51.25	49.25	51.4
CS	26.75	25.88	50.75	50.25	43.62	54

Ramas Secundarias Productivas						
sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	9.13	3.75	44.5	36.5	37.25	31.8
CSOLF	8.25	6.5	54.63	48.38	45.37	37.4
CS	5.5	2.75	36.63	35.5	29.88	56.5

Ramas Terciarias Productivas						
sistemas	Ago-02	Dic-02	Jun-03	Sep-03	Dic-03	Jun-04
CSF	0.25	0	2.25	9	4	4.2
CSOLF	0.13	0.8	6	9	3.25	6.4
CS	0	0	3.38	1	3.37	3.8

Anexo 3. Peso en (g) y porcentajes de los diferentes compartimientos de la planta de café bajo tres sistemas de manejo. Finca San Francisco San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004.

Sistemas de Manejo	componente	Biomasa seca en gramos y porcentajes por planta											
		Ago-02		Dic-02		Jun-03		Sep-03		Dic-03		Jun-04	
		g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	215.75	17.47	349.38	18.88	467.8	19.69	482.75	16.92	405.86	19	814.2	22.53
	Tallo	223.25	18.08	355.25	19.19	496.03	20.87	513.11	17.98	498.54	23.34	922.61	25.52
	Ramas	222.18	17.99	352.38	19.05	496.21	20.88	531.78	18.64	505.19	23.65	857.7	23.73
	Hojas	420.66	34.07	620.88	33.56	640.04	26.93	741.13	25.98	390.92	18.3	856.71	23.71
	Frutos	153.03	12.39	172.44	9.32	276.4	11.63	583.8	20.46	335.26	15.69	163.36	4.52
	Total	1234.87	100	1850.33	100	2376.48	100	2852.6	100	2135.8	100	3614.58	100
Café a pleno sol y Fertilización (CsoIF)	Raíces	269.38	19.09	391.75	21.53	517.11	18.75	640.9	20.49	514	20.64	639.4	21.07
	Tallo	266.13	18.87	363.13	19.95	472.1	17.11	487.69	15.57	520.25	20.89	718.9	23.69
	Ramas	252.23	17.88	338.89	18.62	583.76	21.16	532.03	17.01	509.18	20.45	666.4	21.69
	Hojas	440.6	31.24	566.51	31.12	768.19	27.85	680.53	21.75	469.37	18.85	589.05	19.41
	Frutos	182.16	12.92	159.8	8.78	417.33	15.13	786.5	25.14	454.23	18.24	421.24	13.88
	Total	1410.5	100	1820.08	100	2758.49	100	3127.7	100	2489.8	100	3034.99	100
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	326.13	21.75	371.63	22.61	485.63	20.43	527.33	20.42	434.44	18.9	698.6	26.64
	Tallo	249.25	16.62	323.5	19.68	478.23	20.12	444.2	17.2	512.88	22.31	724.69	27.63
	Ramas	248.48	16.57	295.19	17.96	442.55	18.61	443.91	17.19	420.71	18.3	510.8	19.48
	Hojas	529.34	35.31	490.14	29.82	663.66	27.92	629.9	24.39	582.3	25.33	555.6	21.18
	Frutos	146.24	9.75	163.18	9.93	307.26	12.92	538.4	15.13	347.85	15.13	133	5.07
	Total	1499.44	100	1643.64	100	2377.33	100	2581.5	100	2298.2	100	2622.69	100

Anexo 4. Extracción de nitrógeno en gramos y porcentaje por compartimiento en las plantas de café bajo tres sistemas de manejo. Finca San Francisco San Marcos, Carazo de agosto del 2002 a junio del 2004.

Sistemas de	componente	Extracción de nitrógeno (g N pta-1) y (%)											
		Ago-02		Dic-02		Jun-03		Sep-03		Dic-03		Jun-04	
Manejo		g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta	g/pta	%/pta
Café bajo sombra y Fertilización (CSF)	Raíces	3.75	17.72	6.71	18.8	8.14	17.59	8.64	15.92	7.73	19.56	14.64	23.79
	Tallo	1.83	8.64	3.3	9.26	4.51	9.76	4.6	8.47	4.48	11.96	7.79	12.66
	Ramas	2.76	13.01	5.14	14.42	6.35	13.73	7.08	13.04	6.71	17.91	12.06	19.6
	Hojas	9.68	45.68	18	50.46	19.71	42.61	20.46	37.69	11.75	31.36	23.64	38.41
	Frutos	3.17	14.95	2.52	7.06	7.55	16.31	13.5	24.87	7.2	19.22	3.41	5.54
	Total	21.19	100	35.67	100	46.26	100	54.28	100	37.47	100	61.54	100
Café a pleno sol y Fertilización (CsolF)	Raíces	5.25	18.43	7.4	20.89	8.58	16.24	11.71	19.74	9.03	19.01	11.69	21.73
	Tallo	2.1	7.38	3.59	10.14	3.82	7.23	4.4	7.41	4.31	9.08	5.94	11.04
	Ramas	3.68	12.92	5.22	14.73	8.11	15.35	7.76	13.06	6.81	14.34	9.72	18.07
	Hojas	13.44	47.15	16.09	45.39	23.12	43.74	20.2	34	16.43	34.6	17.49	32.51
	Frutos	4.03	14.12	3.13	8.85	9.22	17.44	15.34	25.82	10.91	22.97	8.96	16.65
	Total	28.5	100	35.43	100	52.85	100	59.41	100	47.49	100	53.8	100
Café bajo sombra sin Fertilización (CS)	Raíces	6	19.73	6.28	19.96	8.26	18.49	9.19	18.23	8.42	21	12.25	27.69
	Tallo	2.47	8.11	3.04	9.68	3.83	8.57	4.43	8.79	5.09	12.7	5.69	12.86
	Ramas	3.3	10.86	4.28	13.61	5.62	12.58	6	11.9	5.76	14.37	6.89	15.57
	Hojas	15.83	52.02	14.9	47.37	20.11	45.02	19.07	37.82	13.99	34.9	16.77	37.91
	Frutos	2.82	9.28	2.95	9.38	6.85	15.34	11.73	23.26	6.83	17.04	2.64	5.97
	Total	30.42	100	31.45	100	44.67	100	50.42	100	40.09	100	44.24	100

Anexo 5. 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 sobre maduro o el retraso en el despulpado, este sabor es originalmente dulce y agradable, se va haciendo mas agrio hasta ser un defecto; esta relacionado con la película dorada o rojiza.
Mohoso	Viene de almacenar café a medio secar, aparece como un sabor a cosecha vieja, en café que se blanqueo rápidamente por haber sido dejado con más del 12 % de humedad.
Cosecha Vieja	Envejecimiento natural del grano, aún después de ser bien procesado, es más acentuado en climas cálidos y húmedos. Si el café esta a temperaturas debajo de 20 ° C y humedades relativas del 65 %, el defecto aparece mas lento.