



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO - FACOLTÀ DI AGRARIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - FACULTAD DE AGRONOMÍA  
(FAGRO)**

**TESIS DE LICENCIATURA**

**EVALUACIÓN DE TRES DIFERENTES TIPOLOGIAS DE  
MANEJO AGRONÓMICO, SOBRE LA ESTRUCTURA DE  
CRECIMIENTO, DE PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DEL CAFÉ  
(*Coffea arabica* L.), EN LA ZONA DEL PACIFICO SUR DE  
NICARAGUA.**

**Autor:**

**Andrea Pilati**

**Asesores:**

**Dr. Dennis Salazar Centeno  
Dr. Victor Aguilar Bustamante  
Prof. Carlo Grignani**

**Managua – Nicaragua  
2005**

## AGRADECIMIENTO

Al Programa “Alfa- UNISEB Network” y a su personal responsable por haberme dado la posibilidad de vivir esta experiencia y cumplir mis objetivos de trabajo.

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

A Inversiones Generales S. A. por haber permitido establecer el ensayo experimental en su propiedad en el curso de los cuatro años.

A mis asesores Dr. Dennis Salazar Centeno, Dr. Víctor Aguilar Bustamante y el Prof. Carlo Grignani por su apoyo incondicional durante el proceso de esta investigación, por haberme donado su experiencia y ayudado en mi formación profesional.

Al Dr. Freddy Alemán Zeledón por haberme ofrecido su hospitalidad y su apoyo.

A Don Byron Corrales y a la “Cooperativa la Solidaridad”, por su hospitalidad y por haberme enseñado la vida de los cafetaleros y por haberme brindado la posibilidad de mejorar mi investigación con sus conocimientos.

Al Dr. Fausto Berghella, responsable del proyecto “Fortalecimiento Socioeconómico de las Cooperativas de Pequeños Productores Cafetaleros del Municipio de Santa María de Pantasma, Jinotega, Nicaragua”, y a todos los técnicos del mismo, que con su trabajo ayudan el desarrollo de la sociedad y que me ayudaron en mis investigaciones.

Al personal de la secretaria de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria (FAGRO), del Programa de Post Doctorado, por su ayuda técnica y moral.

A mis padres, Bruno y Laura, por haberme dado la vida, la educación y la posibilidad de estudiar, acompañándome en los momentos buenos y malos.

A mis queridos amigos, Andrea, Matteo y Giusi, con quienes compartí muchos días de descanso, divirtiéndonos y dejando por un lado las preocupaciones; ellos que me sustentaron en las dificultades y que me ayudaron a llegar a lo que son hoy.

A mis compañeros de clase Micol, Silvio, Gabriele y Roberta, por haberme ayudado y por haber compartido los problemas y las horas de estudio, aconsejándome y apoyándome en mis escogidas.

A mis amigos de viaje, aquí en Nicaragua, a los estudiantes de la UNA, sobre todo Heidi, Fanor, Vidal y Dervis; y como olvidar mi coinquilina Kristina, mi compañera de los hechos diario.

Y en último, pero con el papel más importante Sara, porque no se puede decir más de lo que es, Sara.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>VII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo	4
<b>2. NICARAGUA</b>	<b>5</b>
<b>3. CAFÉ</b>	<b>8</b>
3.1 Historia y cultivo actual	8
3.2 Botánica del café	10
3.2.1 <u>Sistema radical</u>	10
3.2.2 <u>Tallo y ramas</u>	10
3.2.3 <u>Flores</u>	11
3.2.4 <u>Frutos</u>	12
3.2.5 <u>Semilla</u>	12
3.3 Agroecología del café	13
<b>4. LA SOMBRA EN EL CULTIVO DEL CAFÉ</b>	<b>16</b>
<b>5. METODOLOGÍA</b>	<b>20</b>
5.1 Descripción del lugar	21
5.2 Descripción de la parcela experimental	23
5.2.1 <u>Variedad</u>	25
5.2.2 <u>Variables</u>	26

5.3 Análisis estadístico: cuantitativo y descriptivo	29
5.4 Comparación entre diferentes zonas de cultivación	31
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>33</b>
6.1 Efecto de los sistemas de manejo sobre las estructuras de crecimiento de la planta de café	33
6.2 Efecto de los sistemas de manejo sobre las estructuras de productividad de la planta de café	38
6.3 Relaciones entre las estructuras de crecimiento y productiva	46
6.4 Efecto de los sistemas de manejo sobre el rendimiento	47
6.5 Efecto de los sistemas de manejo sobre el contenido y distribución de la biomasa seca en las plantas de café	50
6.6 Efecto de los sistemas de manejo sobre la acumulación y distribución del nitrógeno en la planta de café	52
6.7 Efecto de la sombra, fertilización y el número de cosecha sobre las características físicas y organolépticas del grano de café	55
<b>7. COMPARACIÓN ENTRE DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL CAFÉ EN NICARAGUA</b>	<b>67</b>
7.1 Análisis de calidad física y organoléptica	68
7.2 Análisis de los costos de producción en diferentes tipologías de manejo agronómico	72
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>78</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b>	<b>80</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>82</b>
<b>11. ANEXOS</b>	<b>89</b>

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 2.1</b> - Régimen de precipitación, temperatura y insolación anual.	6
<b>Gráfico 3.1</b> - Superficie cultivada, producción total y rendimiento de café verde en Nicaragua.	9
<b>Gráfico 5.1</b> - Comportamiento de las precipitaciones mensual en los tres años de estudio.	22
<b>Gráfico 6.1</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre la altura del tallo (cm) de la planta de café.	34
<b>Gráfico 6.2</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el diámetro del tallo (mm) de la planta de café.	35
<b>Gráfico 6.3</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre la proyección de la copa (m <sup>2</sup> ) de la planta de café.	36
<b>Gráfico 6.4</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de nudos en el tallo principal de la planta de café.	37
<b>Gráfico 6.5</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias totales de la planta de café.	39
<b>Gráfico 6.6</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales de la planta de café.	40
<b>Gráfico 6.7</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales de la planta de café.	41
<b>Gráfico 6.8</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas y/o muertas de la planta de café.	42
<b>Gráfico 6.9</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias productivas de la planta de café.	43
<b>Gráfico 6.10</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias productivas de la planta de café.	44
<b>Gráfico 6.11</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas de la planta de café.	45
<b>Gráfico 6.12</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el rendimiento kg oro ha <sup>-1</sup> .	49
<b>Gráfico 6.13</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el contenido de biomasa seca total (g pta <sup>-1</sup> ) de la planta de café.	50
<b>Gráfico 6.14</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre la acumulación porcentual (%) de biomasa seca en los órganos de la planta de café.	51

<b>Gráfico 6.15</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el contenido de nitrógeno total ( $\text{g pta}^{-1}$ ) de la planta de café.	53
<b>Gráfico 6.16</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre la acumulación porcentual (%) de nitrógeno en los órganos de la planta de café.	54
<b>Gráfico 6.17</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el tamaño de los granos de café (promedio de cada cosecha anual).	56
<b>Gráfico 6.18</b> - Efecto de la sombra y fertilización sobre el porcentaje de defectos de los granos de café (promedio de cada cosecha anual).	58
<b>Gráfico 7.1</b> - Ganancia por hectárea ( $\text{\$ ha}^{-1}$ ) de las tres parcelas experimentales y manejo agronómico convencional de la Finca “San Francisco”, San Marcos Carazo.	73
<b>Gráfico 7.2</b> - Costos por hectárea ( $\text{\$ ha}^{-1}$ ) de las tres parcelas experimentales y manejo agronómico convencional de la Finca “San Francisco”, San Marcos Carazo.	74
<b>Gráfico 7.3</b> - Ganancia por hectárea ( $\text{\$ ha}^{-1}$ ) de tres diferentes tipología de manejo del cafeto de la “Cooperativa la Solidaridad”.	75
<b>Gráfico 7.4</b> - Costos por hectárea ( $\text{\$ ha}^{-1}$ ) de tres diferentes tipología de manejo del cafeto de la “Cooperativa la Solidaridad”.	76

# ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 4.1</b> - Ejemplo de árboles de sombra permanente asociados con café.	19
<b>Tabla 5.1</b> - Características físicas de los suelos de la Finca San Francisco, Carazo.	23
<b>Tabla 5.2</b> - Características químicas de los suelos de la Finca San Francisco, Carazo.	23
<b>Tabla 5.3</b> - Momento, fórmulas y dosis de fertilizantes aplicados a las dos parcelas sometidas a fertilizaciones.	24
<b>Tabla 5.4</b> – Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados a los sistemas de manejo.	25
<b>Tabla 5.5</b> - Concentraciones promedios de nitrógeno (%) por componente de planta de café en los tres sistemas de manejo.	29
<b>Tabla 6.1</b> - Porcentajes de los diferentes tamaño según el sistema de manejo y número de corte.	57
<b>Tabla 6.2</b> - Efecto de la sombra, fertilización y número de cosecha sobre el aspecto y la apariencia de tostado del grano de café.	59
<b>Tabla 6.3</b> - Términos usados para describir la taza.	61
<b>Tabla 6.4</b> - Resumen de las características organolépticas del café en las tres cosechas evaluadas del ciclo cafetalero 2002/2003.	63
<b>Tabla 6.5</b> - Resumen de las características organolépticas del café en las primeras cuatro cosecha evaluadas del ciclo cafetalero 2003/2004.	64
<b>Tabla 6.6</b> - Resumen de las características organolépticas del café en las últimas tres cosechas evaluadas del ciclo cafetalero 2003/2004.	65
<b>Tabla 6.7</b> - Resumen de las características organolépticas del café en las dos cosechas evaluadas del ciclo cafetalero 2004/2005.	65
<b>Tabla 7.1</b> - Características físicas de los granos de café en diferentes sistemas de manejo agronómicos en Matagalpa (Aranjuez). Cosecha 2004/2005.	69
<b>Tabla 7.2</b> - Características organolépticas de los granos de café en diferentes sistemas de manejo agronómicos en Matagalpa (Aranjuez). Cosecha 2004/2005.	69
<b>Tabla 7.3</b> - Características físicas de los granos de café de seis diferentes muestras de la “Cooperativa Santa Maria de Fantasma” (Jinotega). Cosecha 2004/2005.	70
<b>Tabla 7.4</b> - Características organolépticas de los granos de café de seis diferentes muestras de la “Cooperativa Santa Maria de Pantasma” (Jinotega). Cosecha 2004/2005	71

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> - Mapa política- administrativa y callejero principal de Nicaragua.	5
<b>Figura 3.1</b> - Ramas primarias (bandolas) a inicio floración.	10
<b>Figura 3.2</b> - Flores de café.	11
<b>Figura 3.3</b> - Frutos maduros de café.	12
<b>Figura 3.4</b> - Etapas fenológicas del café durante un ciclo productivos en Zonas Altas (CATIE, 2000).	15
<b>Figura 3.5</b> - Etapas fenológicas del café durante un ciclo productivo en Zonas Bajas (CATIE, 2000).	15
<b>Figura 4.1</b> - Ejemplo de cafeto bajo sombra permanente.	16
<b>Figura 4.2</b> - Café bajo sombra de madero negro, Finca “San Francisco”.	18
<b>Figura 5.1</b> - Identificación de los tres Departamentos, Carazo, Matagalpa e Jinotega, donde se desarrolló el trabajo de investigación.	21
<b>Figura 5.2</b> - Mapa de ubicación del área de estudio, Finca “San Francisco” San Marcos, Carazo.	22
<b>Figura 6.1</b> - Parcela experimental a pleno sol (CSolF), Finca “San Francisco”.	48
<b>Figura 7.1</b> – Café con sombra de musáceas y forestales nativos en la Cuenca del Aranjuez.	67

# ÍNDICE DE ANEXOS

## **ANEXO 1**

Análisis de correlación entre estructuras de crecimiento y productivas de la planta de café, ejecutado por MINITAB. 90

## **ANEXO 2**

Análisis de correlación entre rendimiento, contenido de biomasa seca y acumulación de nitrógeno en la planta de café, ejecutado por MINITAB. 93

## **ANEXO 3**

Análisis estadísticos, test “t de Student”, ejecutado por SAS V.8 2002. Valores Pr > F. 94

## **ANEXO 4**

Análisis físico y organoléptico ejecutado por el laboratorio CERCAFENIC. 96

## **ANEXO 5**

Ejemplo de la ficha de los costos de mantenimiento y ganancia de una hectárea de café. 101

## **ANEXO 6**

Listas de siglas y abreviaciones. 102

## RESUMEN

El café (*Coffea arabica* L.) es un componente importante del paisaje y de la economía nacional. El manejo agronómico influye en la ecofisiología y calidad del café; por tal razón son de suma importancia estudios e investigaciones para evaluar los efectos de diferentes sistemas del cafeto asociados o no con árboles de sombra.

El presente estudio se realizó, principalmente, en la Finca "San Francisco" de Inversiones Generales S.A., ubicada al Km 39 ½ de la carretera San Marcos- Las Esquinas, en el Departamento de Carazo, en un periodo comprendido entre el junio 2002 y el diciembre 2004. El objetivo general del estudio fue evaluar el comportamiento de las estructuras de crecimiento, productiva, rendimiento, contenido de biomasa seca, acumulación de nitrógeno y calidad física y organoléptica del café (*Coffea arabica* L. cv. Costa Rica 95) bajo tres diferentes tipologías de manejo agronómico: a) café con sombra y fertilización (CSF), b) café a pleno sol con fertilización (CSolF) y c) café bajo sombra sin fertilización química (CS). En cada parcela se seleccionaron 8 plantas a las cuales se les tomaron los datos de altura, diámetro, proyección de copa, nudos totales en tallo principal, número de ramas primarias, secundarias y terciarias tanto totales como productivas de la planta y rendimiento de café oro por parcela. Una muestra por tratamiento de café oro en las cosechas fue tomada y enviada a CERCAFENIC de UNICAFE en Managua para determinar los aspectos físicos y organolépticos de los granos. Empleando el método destructivo se midió la biomasa y cantidad de nitrógeno acumulado en la raíz, tallo, ramas, hojas y frutos.

Para mejorar y fortalecer el trabajo de investigación se hizo una comparación de calidad, del último ciclo cafetalero, con otros sistemas de manejo, usados sobre todo en dos Departamento del Norte del País, Matagalpa e Jinotega. En el caso de Matagalpa se evaluaron los datos físicos del grano y los dictámenes de taza de tres sistemas (*Coffea arabica* L. cv. Catimor y Caturro), a) café orgánico, b) café convencional, c) café de bajo insumo, aplicados en la "Cooperativa la Solidaridad", ubicada en la Cuenca del Aranjuez. Asimismo para Jinotega se sacaron las mismas variables del cafeto de bajo insumo de la "Cooperativa Santa Maria de Pantasma". Se estructuró un primero análisis de los costos de mantenimiento de los sistemas evaluado, obteniendo como resultado los costos y la ganancia por hectárea y el costo por kilogramo de café oro producido.

El café con sombra y fertilizante presentó el mayor crecimiento en altura, proyección de copa, número de ramas primarias y secundarias totales y productivas. El café a puro sol obtuvo el mayor diámetro, el número de ramas terciarias, pero también la mayor cantidad de ramas agotadas o muertas. A las variables de biomasa y nitrógeno se aplicó un test "t de Student" por el programa estadístico SAS; solamente en los últimos meses de muestreo (junio, septiembre y diciembre 2004) se encontraron diferencias significativa entre los dos tratamientos abonados y el sistemas bajo sombra sin fertilizante. Los rendimientos fueron por dos veces mayores en el caso del sistema a puro sol. Las calidades sea físicas que organolépticas mejoraron en el curso del estudio logrando en el último ciclo cafetalero la misma clasificación de los café de Matagalpa e Jinotega, taza OK, café lavado Matagalpa/Jinotega; pero los cafetos orgánico y de bajo insumo tuvieron resultados más satisfactorio.

El café orgánico presentó los precios más alto y homogéneo en el curso de los tres años analizado, por eso, conjunto con el manejo convencional de la Finca "San Francisco", es lo que tuvo menores oscilaciones. Entre la tres parcelas experimentales los sistemas a pleno sol con fertilización (CSolF) y el con sola sombra sin aporte de fertilizantes químicos (CS) son los que obtuvieron las mayores ganancia, saliendo de un primer año con resultados negativos o de poco más de 50 dólares por hectárea.

# 1. Introducción

En los últimos años, la preocupación por los aspectos ambientales, económicos y sociales generados por las prácticas agrícolas ha ganado intensidad y amplitud. En los años, donde el modelo era la producción industrial, la cual consideró la agricultura intensificada como “ideal”, con una combinación de extensión y insumos, que consistía en la transferencias de paquetes tecnológicos para maximizar las producciones e insumos en su mayor parte en forma de maquinaria, fertilizantes y biocidas.

En este contexto, el crecimiento agrario fue considerado como una función del desarrollo tecnológico. Estas situaciones han llevado a una crisis medioambiental, y al mismo tiempo, social sin precedentes. Se pone, por tanto, la necesidad de un cambio conceptual de esa idea ordinaria. La necesidad de abrir las puertas a nuevas opciones de gestión más acordes con los objetivos de la sostenibilidad, dejando a un lado la idea de la intensificación y buscando otros enfoques por hacer frente a un desarrollo rural sostenible.

Al interior de este contexto toma fuerza el concepto de agroecología; según Juana Labrador Moreno y Miguel Ángel Altieri (2001), esta es: “una ciencias globalizadora que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva agronómica, ecológica y socioeconómica. En consecuencia prevé a una agricultura más ligada al medio ambiente y más sensible socialmente, centrando no sólo en la producción, sino en la estabilidad ecológica del sistema.

El enfoque de sostenibilidad vincula a otro concepto, de notable actualidad, que es la agricultura sostenible, el término identifica una agricultura que “tiene como objetivos el cultivo exitoso de todas las reservas agropecuarias para poder satisfacer las necesidad humanas actuales y del futuro y en el mismo momento debe conservar o mejorar la calidad del medio ambiente y establecer la biodiversidad mediante tecnología apropiadas” (FAO, 1989).

Según Borgman y Pohlen (1995), esta agricultura debe cumplir con las tareas primarias de la misma agricultura, las cuales son:

- Satisfacción de las necesidades en la alimentación humana, en forraje y piensos para la ganadería y en materia prima para la industria;
- Mantenimiento de las recursos fitogenéticos y zoogenéticos (biodiversidad);
- Aseguramiento de una producción tecnológicamente adaptada, económicamente realizable y social aceptable.

Desde esta perspectiva la práctica agroforestal (conjugación de un sistema agrario y de un sistema forestal o frutícola) del manejo del cafetal con sombra responde a las metas de la agricultura sostenible. Durante los últimos cuarenta años, en América Central, el modelo de manejo intensivo sin sombra de monocultivos de café ha permitido aumentos importantes en productividad, notablemente en las zonas ecológicas más favorables. Sin embargo, su viabilidad económica ha sido incierta a largo plazo, a causa de los precios del café, que fluctúan, y a los crecientes costos de la mano de obra y de materia prima (productos agroquímicos). Además el monocultivo intensivo da lugar a una disminución de la longevidad de la plantación y tiene consecuencias negativas para el medio ambiente, como contaminación del agua por residuos agroquímicos, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y emisión de gases de invernadero (por ejemplo  $N_2O$ ) (Reinhold G. Muschler, 1999).

En cambio los sistemas café- árbol, según resultados recientes y observaciones empíricas, tienden a ser más eficientes en términos del uso de los recursos y tiene menos consecuencias negativas para el medio ambiente.

Desde esa perspectiva el proyecto “Sistemas Agroforestales de Café en América Central” (CASCA) se enmarca en este contexto, para proponer alternativas agrícolas al monocultivo intensivo del café, para promover sistemas agroforestales de café ecológicos sanos y las prácticas de manejo.

El presente proyecto tiene una duración de cuatro años (noviembre 2001- octubre 2005) y es un esfuerzo de colaboración entre Institución regionales como, “Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE, Costa Rica), el “Instituto del café de Costa Rica (ICAFFE, Costa Rica), la “Universidad Nacional Agraria” (UNA, Nicaragua) y la “Asociación Nacional del café de Guatemala” (ANACAFE, Guatemala), y dos Institución europeas como el “Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement” (CIRAD, Francia), el “Centre for Ecology and Hydrology” (CEH, Reino Unido).

Con respecto a sistemas tradicionales y experimentos existentes, el proyecto CASCA intenta:

1. documentar y sintetizar el conocimiento de los finqueros sobre el café y el manejo de agroforestal (AF);
2. determinar los impactos de árboles en la productividad y la sostenibilidad de la plantaciones de café;
3. cuantificar las consecuencias para el medio ambiente de los sistemas AF con café;

4. determinar los requisitos para los sistemas ecológicos con café para ser económicamente viables y el potencial de mercado de este café en Europa;
5. desarrollar modelos a escala de parcela, combinando café y árboles, que proporcionen las herramientas a los consejeros agrícolas y a los políticos para promover sistemas sostenibles con café.

Pero la meta final del proyecto es combinar una alta calidad del café con métodos sostenibles de producción en América Central.

Esto por que el café centroamericano se produce principalmente en fincas pequeñas y medianas, luego la inclusión y manejo de árboles pueden mejorar las sostenibilidad de las fincas cafetaleras y viabilidad económica generando productos maderables o frutícolas, además de café.

El proyecto evaluará el sistema agroforestal con una metodología multidisciplinar sobre aspectos de carácter ecofisiológico y calidad del café, ambiental (contaminación del agua, fertilidad del suelo y secuestro del carbono) y viabilidad económica de los sistemas.

## 1.1 Objetivo

El siguiente trabajo no quiere evaluar todos los aspectos del proyecto CASCA, prevé como objetivo general:

- Evaluar el comportamiento ecofisiológico de las plantas de café creciendo bajo sombra, a plena exposición solar y fertilización en la zona del Pacífico sur de Nicaragua.

Este trabajo brinda a los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar el crecimiento de las plantas de café bajo sombra, a pleno sol y fertilización.
- Determinar el efecto del manejo de la sombra y fertilización sobre la estructura productiva de las plantas de café.
- Estimar la distribución de biomasa y la acumulación del nitrógeno en los componentes de la planta (raíces, tallo, ramas, hojas y frutos) de café manejado bajo sombra, a pleno sol y fertilización.
- Comparar el rendimiento de las plantas de café bajo sombra, a pleno sol y fertilización.
- Analizar el efecto de la sombra, el sol y la fertilización sobre la calidad del café.
- Comparar el rendimiento y la calidad del café entre diferentes sistemas de la zona del Pacífico sur con otros dos lugares cafetaleros en el Norte de Nicaragua, Matagalpa y Jinotega.
- Comparar los costos de producción entre diferentes tipologías de manejo agronómico del café.

## 2. Nicaragua

De la “Enciclopedia de ciencias sociales” y del “Atlas geográfico universal y de Nicaragua” (2002). Nicaragua es un estado de Centroamérica, que limita al norte con Honduras, al sur con Costa Rica, al este con el litoral del Océano Atlántico y al oeste con el litoral del Océano Pacífico. El paisaje nicaragüense está recorrido por la Cordillera centroamericana, que atraviesa el País de norte oeste a sureste.

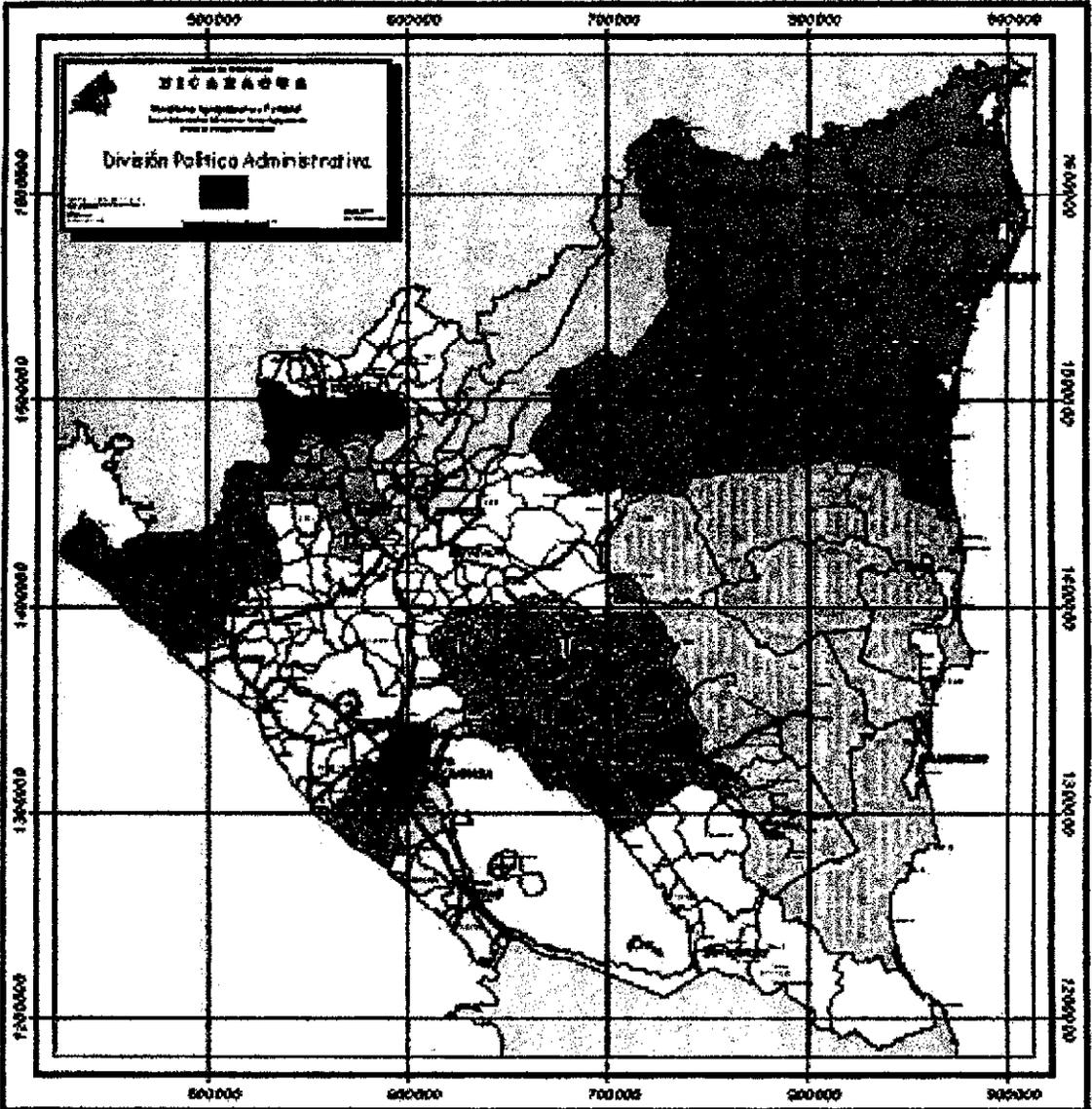
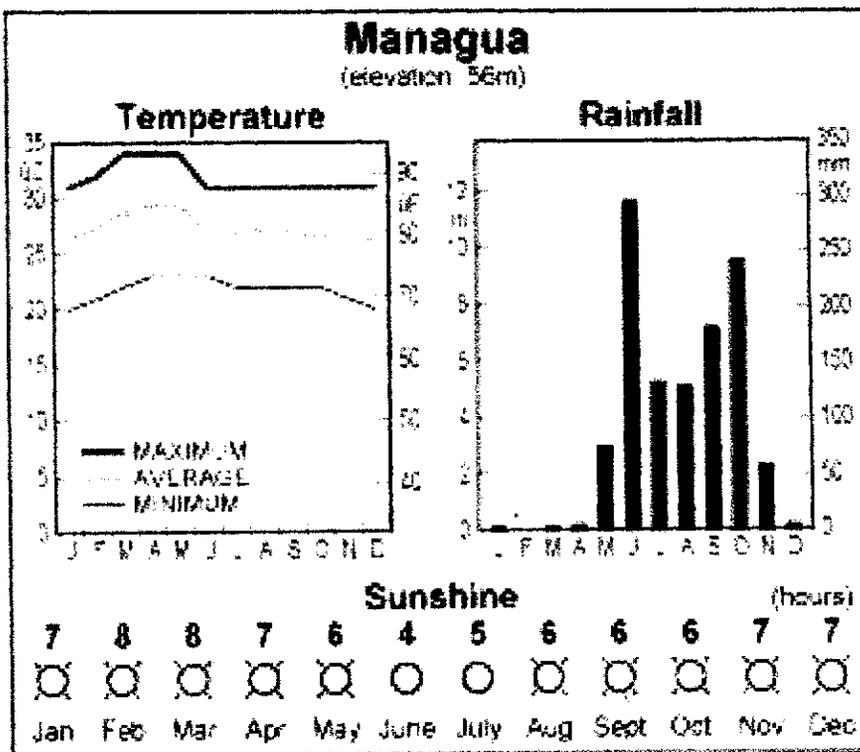


Fig. 2.1 - Mapa político- administrativa y callejero principal de Nicaragua.

Al oeste se encuentra una gran depresión, que alberga el lago Nicaragua, el más grande de América central, y el lago de Managua, ambos unidos por el río Tipitapa. Entre los lagos y la costa pacífica se eleva una cadena de volcanes, donde existen más de cuarenta volcanes, muchos de ellos activos. Al este, la planicie costera que da sobre el mar Caribe, conocido bajo el nombre de costa de los Mosquitos se extiende hacia el interior. La vegetación se destaca por las selvas y los bosques.

El clima es tropical, con abundante pluviosidad (junio- noviembre: temporada lluviosa); las regiones costeras gozan de una temperatura promedio de 25,5 grados centígrados; en las alturas más elevadas, en el interior, la temperatura varía entre 15,5 grados centígrados y 26,5 grados centígrados (grafico 2.1).

**Gráfico 2.1 - Régimen de precipitación, temperatura y insolación anual.**



Fuente: [www.travel-guide.com](http://www.travel-guide.com)

La población está estimada alrededor de 4,5 millones de habitantes, con una densidad de 35 hab./km<sup>2</sup> y una renta per cápita de 380 dólares; la esperanza de vida es 67 años y el porcentaje de alfabetizo es del 65,7%.

Hasta finales de la década de los setenta, Nicaragua tuvo una de las economías más dinámica de Centroamérica, a pesar del sistema político dictatorial que prevaleció en el País por

más de cuatro décadas. En 1979, asume el poder el gobierno revolucionario Sandinista. El intervencionismo estatal en la economía, las restricciones a la libertad económica y política de este gobierno, y la guerra civil, condujeron al País a una crisis económica y política.

Después de las elecciones de 1990, asumió la Presidencia de la República Doña Violeta Barrios de Chamorro, quien fundamentando su gobierno en el principio de la reconciliación nacional, inició la transición de la guerra a la paz, del autoritarismo a la democracia, y de una economía estatalmente intervenida a una economía de mercado. Asimismo, se logró estabilizar la economía y se dio inicio a un proceso de crecimiento económico sostenido.

La base de la economía del País, actualmente, es la agricultura, que presenta un área cultivable del 9,8%, prados y pastos 42,3% y bosques 24,6%. Los principales cultivos son: café, cacao, caña de azúcar, banano, maíz, sorgo, arroz, frijol, judías tabaco y cítricos. La agricultura emplea a las dos quintas partes de la población, pero solo genera un cuarto del Producto Interno Bruto (PIB) del País.

Nicaragua es uno de los países ganadero de América Central, con pecuario bovino, porcino, caballar y aves de corral.

El sector industrial se basa en industrias azucareras y alimentarias, tabaqueras, navales y del cemento.

## 3. Café

### 3.1 Historia y cultivo actual

Según el CATIE (2000) y la Unión Nicaragüense de Cafetaleros (UNICAFE, 1996), la especie más antigua de café conocida a nivel mundial es *Coffea arabica* L., originaria de las tierras altas de Etiopía y Sudán, en África, donde crece en estado semisilvestre. De Etiopía pasó a Yemen, Arabia, de donde se exportaba en Siria, Persia (Irak) y Turquía.

Los holandeses introdujeron el cultivo del café a Java, en 1690, con semillas importada de Yemen. En 1706 una planta de café fue despachada a los Jardines Botánicos de Ámsterdam, distribuyéndose posteriormente semillas y plántulas entre los principales Jardines Botánicos de Europa.

El café llega en América a través dos rutas: la primera es de Holanda hacia Surinam (Guayana Holandesa) en 1719, mientras la segunda por orden del rey Luis XIV, que hizo despachar algunas plantitas a la Isla de Martinico.

A Centroamérica se introdujo el café en El Salvador alrededor del año 1740, a Guatemala en 1750, a Costa Rica en 1796.

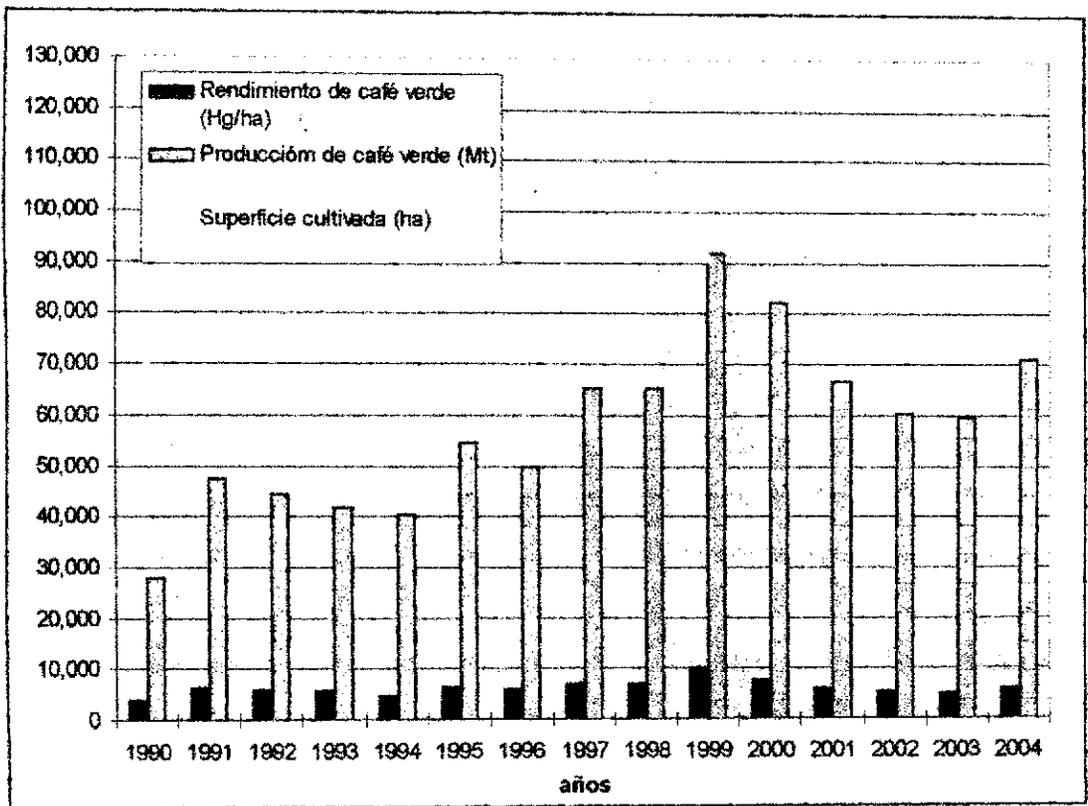
En Nicaragua, según Pablo Ley, las primeras plantas de café fueron sembrados, en el año 1848, en una hacienda ubicada en Jinotepe, en el Departamento de Carazo. Posteriormente el cultivo de café se difundió hacia las sierras de Managua y de allí, hacia el Norte del País.

En el final del siglo XIX, el café tenía un papel preponderante en la economía nacional y notablemente en el mercado de las exportaciones. De esta manera, Nicaragua se vinculó profundamente al mercado capitalista mundial, provocando un profundo impacto en la vida agrícola y socio- económica del País.

El peso de la actividad cafetalera en la economía nicaragüense es significativo, representando un 33% del PIB del sector agrícola y un 5.7% del PIB global, MAGFOR (2004).

Actualmente, se estima que en Nicaragua, tiene alrededor 100 mil hectáreas cultivadas de café. El grafico 3.1 resumen la evolución de la superficie cultivada (ha), de la producción total (Mt) y del rendimiento (Hg/ha) de café verde a partir del año 1990 a 2004.

**Gráfico 3.1 - Superficie cultivada, producción total y rendimiento de café verde en Nicaragua.**



Fuente: nuestra elaboración por datos FAO.

A nivel económico, el café en los últimos años ha sufrido una reducción del precio real de comercialización y según proyecciones de la Organización Internacional del Café (OIC) en Londres, se puede anticipar que los precios se mantendrán bajos en los años próximos. Desafortunadamente, la reducción del valor del café no fue acompañada por una reducción de los costos de producción, sino más bien, por un aumento relativo de los costos monetarios debido al mayor uso de agroquímicos (fertilizante, herbicida, fungicida, insecticida, nemátocida, etc.). Esta situación motivó, en parte el interés creciente en la diversificación de cafetales con árboles (maderables o frutales) para reducir costos y aumentar ingresos por la venta de otros como, por ejemplo, la madera o las frutas.

Estos factores han llevado el interés hacia el café orgánico o ecológico, que externa de un precio más alto y de un menor uso de insumos, al mismo tiempo una parte de los consumidores y de los productores tiene una mayor conciencia ambiental.

## 3.2 Botánica del café

El cafeto pertenece a la familia *Rubiáceas*. Esta familia consta de 500 géneros y entre ellos 6000 a 8000 especies de las cuales, una docena tienen interés desde el ángulo cafetalero. El género *Coffea*, tiene cuatro especies importantes: *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, *Coffea liberica* Mull ex Hiern y *Coffea excelsa* A.Chev. En la primera especie se encuentran los cultivares más importantes explotados como café en Nicaragua.

### 3.2.1 Sistema radical

La raíz principal es pivotante, de 50- 60 cm de longitud, de ésta, se originan las raíces axiales y las laterales que se extienden horizontalmente, de donde brotan las raicillas que son las que absorben el agua y nutrientes del suelo. El 80% de ellas se concentran en las primeras 30 cm del suelo.

La raíz es de mucha importancia desde que está en la etapa de semillero, ya que si se deja para el trasplante una raíz deformada, ésta repercutirá en la planta adulta.

### 3.2.2 Tallo y ramas

La planta de café arábica tiene un solo eje o tallo central (ortotrópico), que produce normalmente sólo yemas vegetativas. Las ramas laterales o plagiotrópicas son las que producen flores y frutos.



Fig. 3.1 - Ramas primarias (bandolas) a inicio floración.

Las ramas plagiotrópicas toman el nombre de ramas primarias o bandolas, se si originan del tallo central; el nombre de ramas secundarias o palmilla se si originan para ramas primarias y ramas terciarias para palmillas.

En la definición morfológica del cafeto intervienen dos tipos de yemas: cabezas de serie y seriadas, las cuales se comportan diferentes al

encontrarse en crecimiento ortotrópico o plagiotrópico. Las primeras siempre dan origen a ramas plagiotrópicas; mientras que las segundas originan ejes ortotrópicos o chupones en el tallo principal y normalmente flores en las ramas. Es importante señalar que en el axila de cada hoja se forma solamente una yema "cabeza de serie".

La cosecha se concentra en el crecimiento nuevo de ramas inferiores y cerca del ápice, las axilas florales sólo producen una vez. Es por esto que la producción anual se incrementa durante los primeros años, luego disminuye drásticamente. Para evitar esta situación se utilizan los sistemas de poda.

Una vez que el eje se ramifica, las hojas aparecen exclusivamente en las ramas horizontales (plagiotrópicas) en un mismo plano y en posición opuesta. La forma varía de elíptica a lanceolada, con tamaño de 12- 24 cm de longitud por 5- 12 cm de ancho. El periodo de vida es de varios meses a más de un año y su producción es mayor durante el periodo de crecimiento activo (febrero- junio)

### 3.2.3 Flores

Las axilas de las ramas plagiotrópicas presentan generalmente de una a tres ejes florales, los cuales se dividen en dos a tres ramificaciones, que terminan en una flor. El total de flores por axila varía de 2 a 12.

La corola es un tubo largo, cilíndrico en su base, que se abre en cinco pétalos de color blanco. Los cinco estambres están insertados en el tubo de la corola y sostienen anteras largas que se abren longitudinalmente para soltar el polen.

El gineceo está constituido por un ovario súpero, con dos óvulos, el estilo es largo, fino y termina en dos ramas estigmáticas.



Fig. 3.2 - Flores de café.

Las flores normales del café se abren en las primeras horas de la mañana, permaneciendo así durante todo el día, al segundo día se inicia al marchitamiento y después del tercero se desprende la corola junto con los estambres.

Generalmente, en el *Coffea arabica* L., la polinización ocurre antes de la apertura floral, se habla, por lo tanto, de autopolinización, de tal forma que la polinización cruzada no supera el 6%, esto comporta una especie con poca variabilidad genética.

### 3.2.4 Frutos

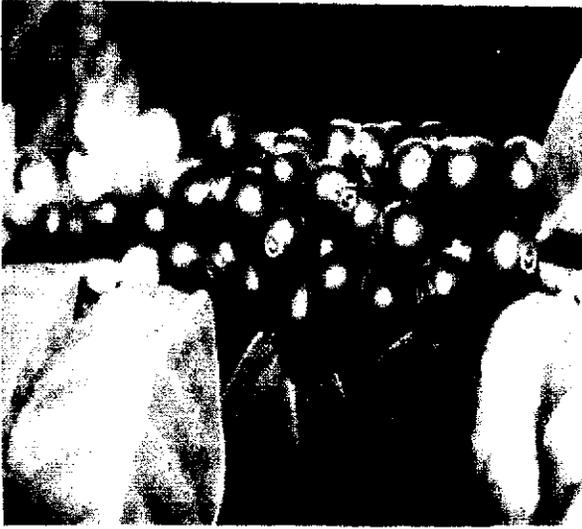


Fig. 3.3 - Frutos maduros de café.

El fruto de las cultivares comerciales de café es una drupa elipsoidal, ligeramente aplanada. En el interior se encuentra dos lóbulos con una semilla cada uno. Un fruto maduro normalmente se forma por: una cubierta roja o amarilla llamada epicarpio o cáscara y una envoltura resbalosa que es el mesocarpio o mucilago (ambos forman la pulpa) y una envoltura cartilaginosa que cubre por separado la semilla, constituye el endocarpio o pergamino.

### 3.2.5 Semilla

Está constituida en su mayor parte por el endosperma de color verdoso, las cuyas células contienen almidón, aceites, azúcares, alcaloides como cafeína y otras sustancias que son responsables del aroma del café cuando se tuesta y muele.

La semilla tiene el lado externo convexo, liso y el interno plano con un surco longitudinal. Mide de 9- 18 mm de longitud por 6- 10 mm de ancho y 4- 8 mm de grosor. Está cubierta por el endosperma o película plateada, la cual se elimina en el trillado y pulido del grano.

El embrión queda en la parte inferior de la semilla y en el lado convexo aparece como una mancha más clara. Consiste de un hipocótilo cilíndrico y dos cotiledones superpuestos; mide de 2- 5 mm de largo. Al germinar brota primero la radícula que se orienta hacia abajo y emite varios grupos de raicillas laterales.

El hipocótilo crece y levanta los cotiledones envueltos en el pergamino; la película plateada y restos del endosperma que por último se desintegran (fósforo). Al desaparecer de las coberturas, los cotiledones verdes se extienden horizontalmente (popa) y entre ellos se desarrolla la plúmula que formará el resto del tallo y follaje.

### 3.3 Agroecología del café

El café por ser un cultivo de origen tropical necesita de determinadas condiciones ambientales para el su óptimo desarrollo, de acuerdo con las condiciones ecológicas de su origen.

Según los estudios del CATIE (1991), las alturas óptimas para el cultivo del café oscilan entre 900 y 1200 metros sobre el nivel del mar. En el mismo tiempo la temperatura óptima varía entre un rango de 17 a 23 grados centígrados.

En el caso de la agricultura tropical, este rango existe y se manifiesta en la altitud sobre indicada.

Las temperaturas promedio menores a 16 grados centígrados causan una disminución del crecimiento y aquellas mayores de 23 grados centígrados aceleran el crecimiento vegetativo y limitan la floración y fructificación.

La pluviométrica es un factor muy importante, pero es necesario considerar la diferencia entre:

1. cantidad total anual de las precipitaciones;
2. reparto pluviométrico (mensual).

En términos generales, precipitaciones de 1600 a 1800 mm, bien distribuidos durante el año, con un período seco definido no mayor de dos o tres meses, son óptimas para el cultivo del café.

Precipitaciones anuales inferiores a 1000 mm limitan el crecimiento anual de la planta y el desarrollo de los frutos, precipitaciones anuales mayores de 3000 mm afectan el desarrollo adecuado. La planta de café se desarrolla bien con una humedad relativa entre 70% y 85%, sin embargo, períodos prolongados de alta humedad favorecen el desarrollo de las enfermedades.

Los suelos óptimos para el cultivo del café son aquellos bien drenados, profundos (no menos de un metro), con una buena retención de humedad, con una reacción neutra o ligeramente ácida (pH de 4,5 a 6,5), con una pendiente entre 1 y 15% y de textura franca.

Un suelo muy arenoso no permite una retención adecuada de agua y favorece las plagas como nematodos; en el mismo tiempo un suelo muy arcilloso, compacto o poco profundo, no permite una aireación de la raíz y esta no se extiende que raramente sobre los 30 cm. Estas condiciones favorecen, también, los patógenos del suelo.

En Nicaragua podemos hacer una división general de las zonas de cultivación del café, entre la zona baja del Pacífico sur (de 200 a 600 metros sobre el nivel del mar) y que comprende los departamentos de: Carazo, Masaya, Managua, Granada, algo de Chinandega. La zona alta o

del norte (de 600 a 1500 metros sobre el nivel del mar) y que comprende los departamentos de: Matagalpa, Jinotega, Nueva Segovia y Madriz.

En la zona norte se produce el café de mejor calidad y de mayor producción del País. Ella es caracterizada por una topografía quebrada, suelos no muy profundos y temperatura promedio entre 20 y 22 grados centígrados. En el interior de esta zona se puede hacer una segunda división, segundo la pluviométrica: hay una zona alta y húmeda con precipitaciones anuales hasta 1600 mm, y una zona alta considerada seca con precipitaciones anuales entre 800 y 1000 mm.

La zona, por factores agroecológicos, mejor del Pacífico sur es llamada "Triángulo de oro", esta presenta precipitaciones anuales que alcanzan los 1600 mm, temperaturas promedios de 28 grados centígrados y suelos profundos, moderadamente planos. Todavía los cafetales de la zona baja son afectados por irregularidades de lluvias, las cuales pueden no llegar a cubrir los requerimientos del cultivo.

Tomando en cuenta los requerimientos agroecológicos del cultivo y las características del clima y del suelo en las diferentes zonas del País, es posible decir que existen grandes extensiones territoriales que pueden ser llamada marginales. Por otro lado, solamente existen pequeñas áreas que cumplen todos los requisitos de la planta. Estas son las áreas sin limitaciones, donde se encuentran la mayoría de las plantaciones de café.

Para hacer un resumen, se puede decir que el cultivo del café en la zona norte presenta menos limitantes. En cambio las zonas ubicadas en la región del Pacífico son mayormente privilegiados por la calidad de los suelos y pendiente, sin embargo, presentan limitaciones de altura y lluvias.

Las diferencias de condiciones climáticas y edafológicas dan de las variaciones en las etapas fenológicas del café entre las dos zonas de cultivación (Fig. 3.4 y 3.5). La distribución de las precipitaciones, en la zona baja, induce a que las plantas tengan mejor definidas sus fases reproductiva, vegetativa y productiva; se tiene una etapa en más respecto a la zona alta, una fase de revestimiento que se coloca en el periodo de marzo- abril, entre la defoliación y la floración.

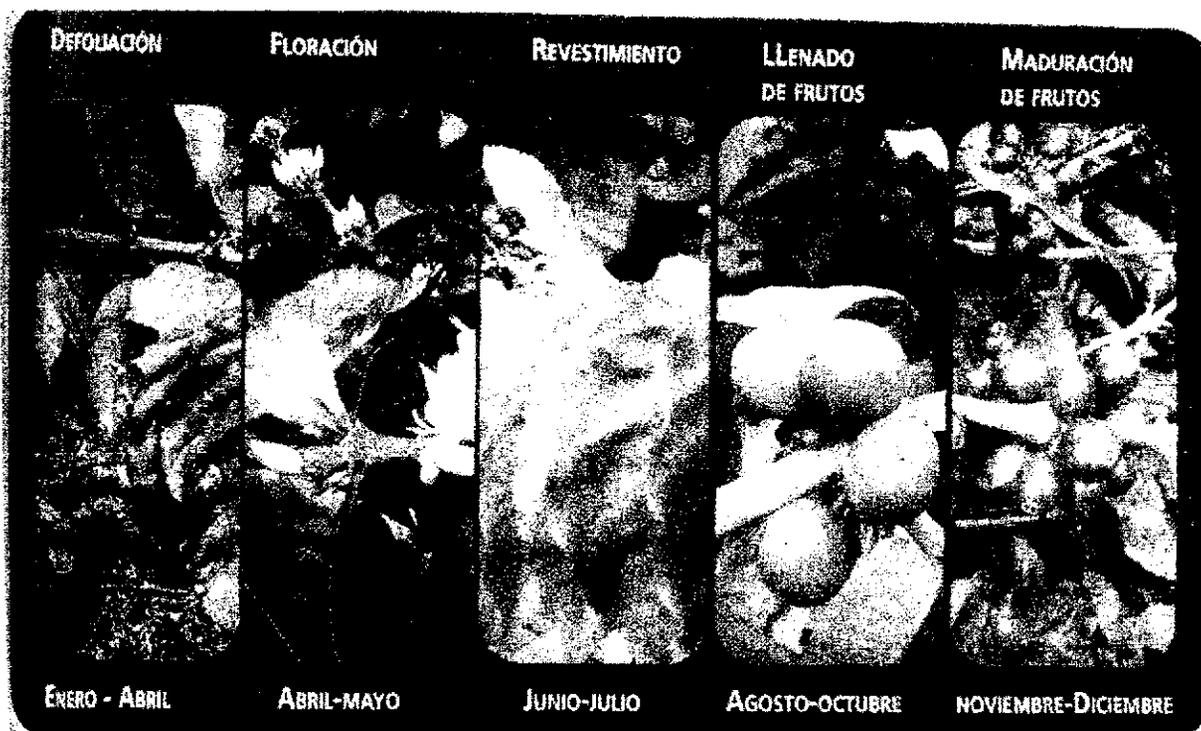


Fig. 3.4 - Etapas fenológicas del café durante un ciclo productivo en Zonas Altas (CATIE, 2000).

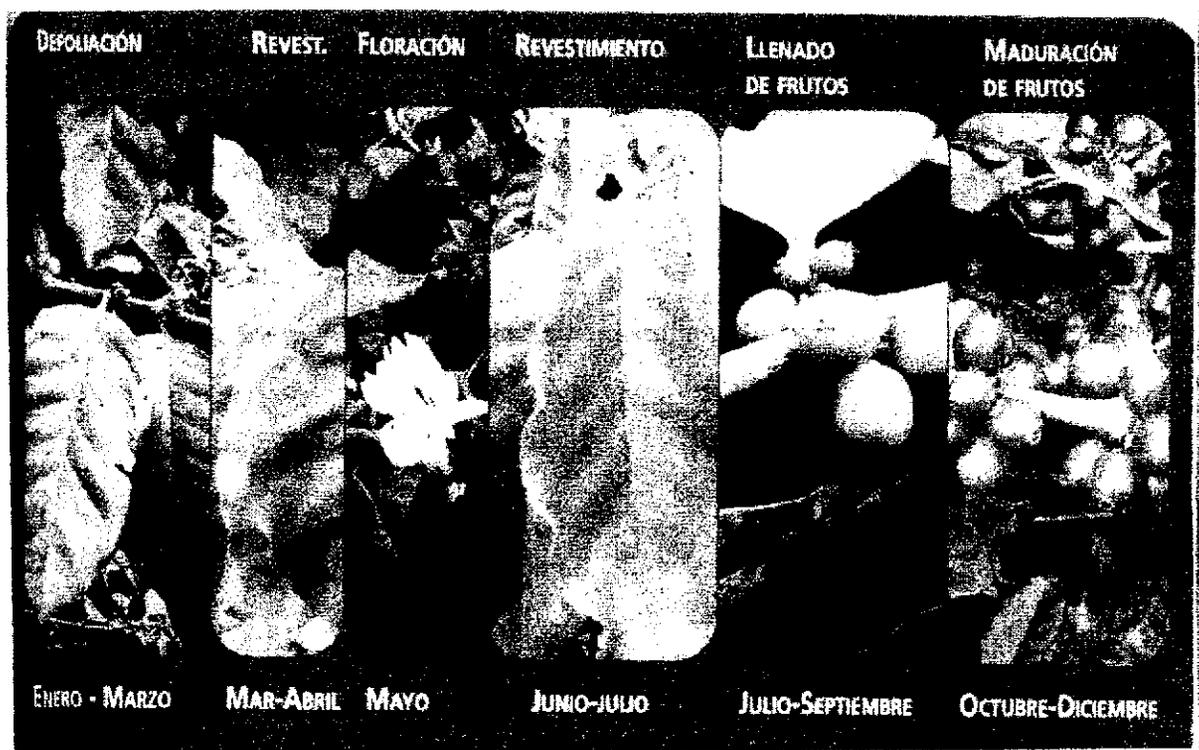


Fig. 3.5 - Etapas fenológicas del café durante un ciclo productivo en Zonas Bajas (CATIE, 2000).

## 4. La sombra en el cultivo del café



Fig. 4.1 - Ejemplo de cafeto bajo sombra permanente.

El siguiente estudio toma en consideración una tipología de manejo, donde, se puede afirmar que la presencia o ausencia de los árboles es importante en la respuesta fisiológica y fenológica de la planta de café.

Las razones para plantar y establecer árboles pueden ser económicas y ecológicas. En el primer caso, las motivaciones más fuertes se deben a la reducción del precio real del café y a un aumento de los costos monetarios debido al mayor uso de agroquímicos.

La consideración ecológica toma los beneficios debidos por un sistema agrícola (café y frutos), combinado con los beneficios de un sistema forestal (madera, leña, agua pura, tierra protegida, aire filtrado, biodiversidad).

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.

Entonces es básico comprender los diferentes sistemas de sombra que se pueden emplear en un cafetal y las funciones y los beneficios de ésta.

El café tiene su origen en el bosque sombrío de la selva tropical africana, por tanto es una especie que crece bien bajo sombra y que necesita de 4 a 5 horas/luz al día para desarrollarse plenamente.

En seguida se resumen las ventajas de asociar café con árboles:

1. Microclima más moderado:
  - temperatura más estable (regula los cambios bruscos)
  - menor evaporación del agua del suelo y menor transpiración del café
  - reduce los efectos dañino del viento (barrera rompevientos)
  - disminuye el efecto de la irradiación solar sobre el suelo, cuyo beneficia la actividad biológica
2. Cafetal más vigoroso y más resistente a plagas y enfermedades
3. Dificulta el desarrollo de las malezas
4. Vida útil más larga del café (menos agotamientos) y menos variabilidad entre plantas
5. Conserva y mejora la fertilidad del suelo (incluido control de la erosión)
6. Conserva la humedad del suelo mediante la formación constante de una cobertura naturales de hojarasca (molch)
7. Reducción potencial de las requerimientos de insumos y aumento de la eficacia de aprovechar el fertilizante
8. Aumento de la biodiversidad del agroecosistema ( equilibrio biológico natural)
9. Fuente de productos adicionales: madera, leña, hojarasca y frutas
10. Los árboles a través de sus raíces, extraen nutrientes que han sido trasladados en alta profundidad del suelo y retornan en la capa superficial, disponibles para el café
11. Hongos entomopatógenos pueden ser favorecidos
12. Puede contribuir a mejorar la calidad de taza gracias a la maduración lenta del grano.

En el mismo tiempo la asociación de café con árboles puede presentar la desventaja como:

1. Puede bajar la producción de café, notablemente en zonas ideales para el café
2. Puede requerir fondos y manejo de obra adicionales para establecer y manejar los árboles (aunque en muchos casos es un costo menor que cual para el manejo de malezas)
3. Puede favorecer plagas y enfermedades adaptadas a humedad alta (*Koleroga*) y/o a sombra (*Mycena*), o asociados a niveles altos de materia orgánica (*Rosellinia*, *Phyllophaga*)

4. Puede dañar el cafetal por la caída de las ramas y durante la extracción de la madera
5. Puede dificultar el manejo
6. Los árboles pueden ser hospederos potenciales para nuevas plagas.

En el manejo de un cafetal con sombra existen diversas categorías de sombra, entonces es posible hablar de:

- **Sombra temporal:** ocurre con especies de plantas de rápido crecimiento, que dan sombra durante los primeros 3 a 5 años, mientras se desarrolla la sombra permanente. En esta topología de sombra se pueden usar especies de leguminosas (*Crotalaria anagiroides* H.B.K., *Cajanus cajan* L. Millsp., *Tephrosia vogelii* Hook. f.) o plátanos (como el banano: *Musa sapientum* L.). Además de la sombra se puede obtener otros aprovechamientos (económicos y alimenticios).
- **Sombra permanente:** la sombra permanente se debe establecer al mismo tiempo que la sombra temporal. Se usan plantas que por sus hábitos de crecimiento y longevidad conviven con los cafetales, proporcionándoles sombra durante la vida productiva. Se utilizan muchas especies más de árboles maderables, servicios y/o frutales (tabla 4.1); y se aconseja de sembrar diferentes especies de sombrío para evitar que sean atacadas por plagas y enfermedades de la misma temporada.



**Fig. 4.2** – Café bajo sombra de madero negro, Finca “San Francisco”.

**Tabla 4.1** - Ejemplo de árboles de sombra permanente asociados con café.

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>
Mimosaceae	<i>Inga fissiolyx</i> <i>Inga xalapensis</i> Benth. <i>Inga tetraphylla</i> Marthz. <i>Inga vera</i> Willd.	Guaba
Papilionaceae	<i>Eritrina standleyana</i> Krokof. <i>Gliricidia sepium</i> (Jacquin) Kunth ex Walpers	Piñón espinoso Madero negro
Rutaceae	<i>Citrus spp.</i>	Cítrico
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill	Aguacate
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> Ruiz e Pav	Laurel
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba

Fuente: muestras elaboraciones.

Los criterios más importantes de tomar en consideración por la selección de especies de sombra, según Reinhold G. Muschler (1999), son: usos de los árboles, clima y suelo (ecología), compatibilidad con el café y otros factores como la disponibilidad de la semilla, otros usos, especie local o exótica y ayuda en el control biológico.

## 5. Metodología

El siguiente trabajo prevé como objetivo principal la caracterización de las diferencias entre tres tipologías de sistemas de manejo del cafetal en la zona del Pacífico Sur de Nicaragua:

- Café con sombra y fertilizante; (CSF)
- Café a pleno sol con fertilizante (agricultura convencional); (CSolF)
- Café con sombra y sin fertilizante. (CS)

Esta finalidad va buscada a través de los análisis de carácter cualitativo y cuantitativo (estadístico); las primeras toman en consideración análisis descriptivos de once variables morfológicas del cafeto, como la altura, el diámetro del tallo, número de ramas primaria, secundaria y terciaria, el número de nudos y el número de ramas agotadas o muertas.

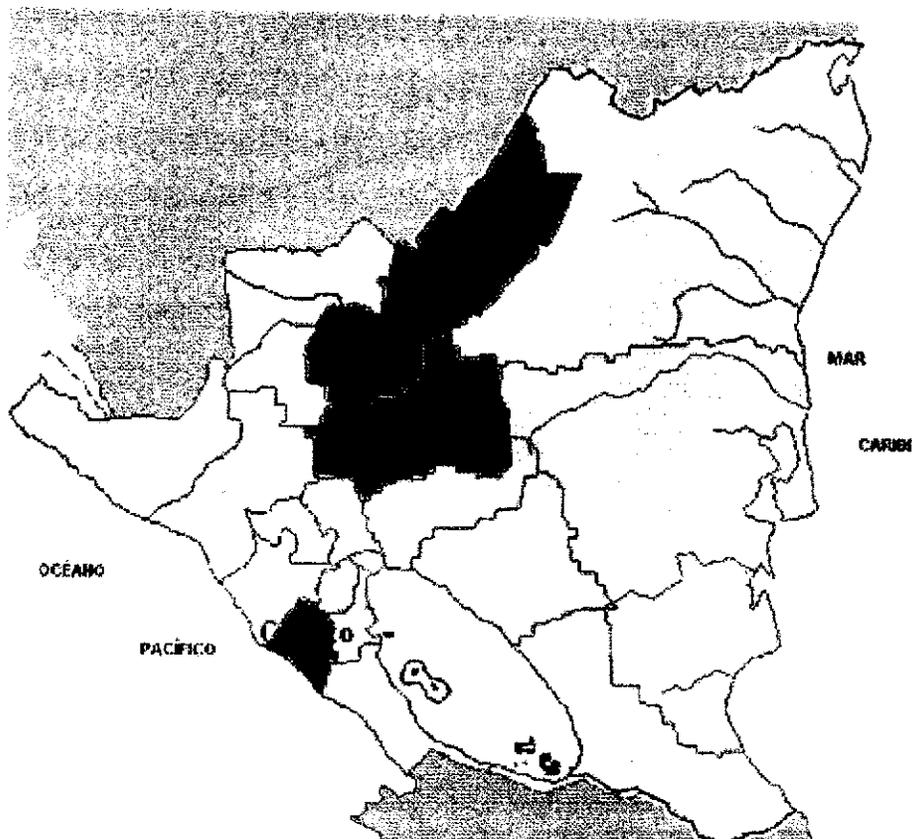
Al mismo tiempo se analiza el rendimiento anual de los tres, para poder subrayar las diferencias de productividad entre los sistemas.

Los análisis cuantitativos consideran la biomasa y el contenido en nitrógeno de: raíz, tallo, rama, hoja y fruto del café. Estos datos han sido procesados con el programa estadístico, Statistical Analysis System (SAS) V.8 2002, para poner en evidencia la tipología de manejo mejor, en efecto por medio de la relación entre carbono y nitrógeno (C/N) es posible dar un primer juicio de productividad sobre bases científicas y confirmar así los datos de rendimiento de la parcela; luego se puede evaluar los procesos fisiológico y fenológico de una planta sometida a diferentes sistemas de manejo agronómico, notablemente la sombra y la fertilización.

Además de la caracterización de estos, se analiza el efecto de la sombra, el sol y la fertilización sobre la calidad del café, considerarla desde un punto de vista físico y organoléptico; dado que el nivel de calidad comporta una diferente destinación del producto: mercado local (nivel bajo de calidad) y exportación (mayor calidad).

Para mejorar la calidad del trabajo se decidió tomar en consideración unos datos de rendimiento, de calidad física, dictámenes de taza (calidad organoléptica) y económicos de otras dos zonas de cultivación del café en el Norte de Nicaragua (Fig. 5.1):

- Matagalpa, Cuenca del Aranjuez, “Cooperativa la Solidaridad”.
- Jinotega, “Cooperativa Santa María de Fantasma” (proyecto de colaboración entre: Grupo de Voluntariado civil italiano, GVC, Centro Regionale d’Intervento per la Cooperazione, CRIC y el Centro de Estudio y Promoción Social, CEPS).



**Fig. 5.1** - Identificación de los tres Departamentos, Carazo, Matagalpa e Jinotega, donde se desarrolló el trabajo de investigación.

Pues, la segunda parte del estudio previó la estructuración y avalúo de una comparación entre diferentes realidades de cultivación del café, sin el objetivo de escoger el mejor lugar de producción o el mejor manejo agronómico del plantío, pero buscando de subrayar cual puede ser el más adecuado a cada situación.

## **5.1 Descripción del lugar**

Las tres tipologías de manejo se establecieron en la finca San Francisco, ubicada en el Km. 39 ½ de la carretera a San Marcos-Las Esquinas en el departamento de Carazo, zona del Pacífico sur de Nicaragua. La ubicación geográfica del sitio en estudio está entre las coordenadas 11° 53' 50" latitud Norte y de 86 ° 14' 05" longitud Oeste, a una altitud de 670 msnm (Fig. 5.2); la precipitación acumulada es de 4671 mm (gráfico 5.1: comportamiento de las precipitaciones en los tres años de estudio), temperatura promedio anual de 27° centígrados y una humedad relativa de 80%.

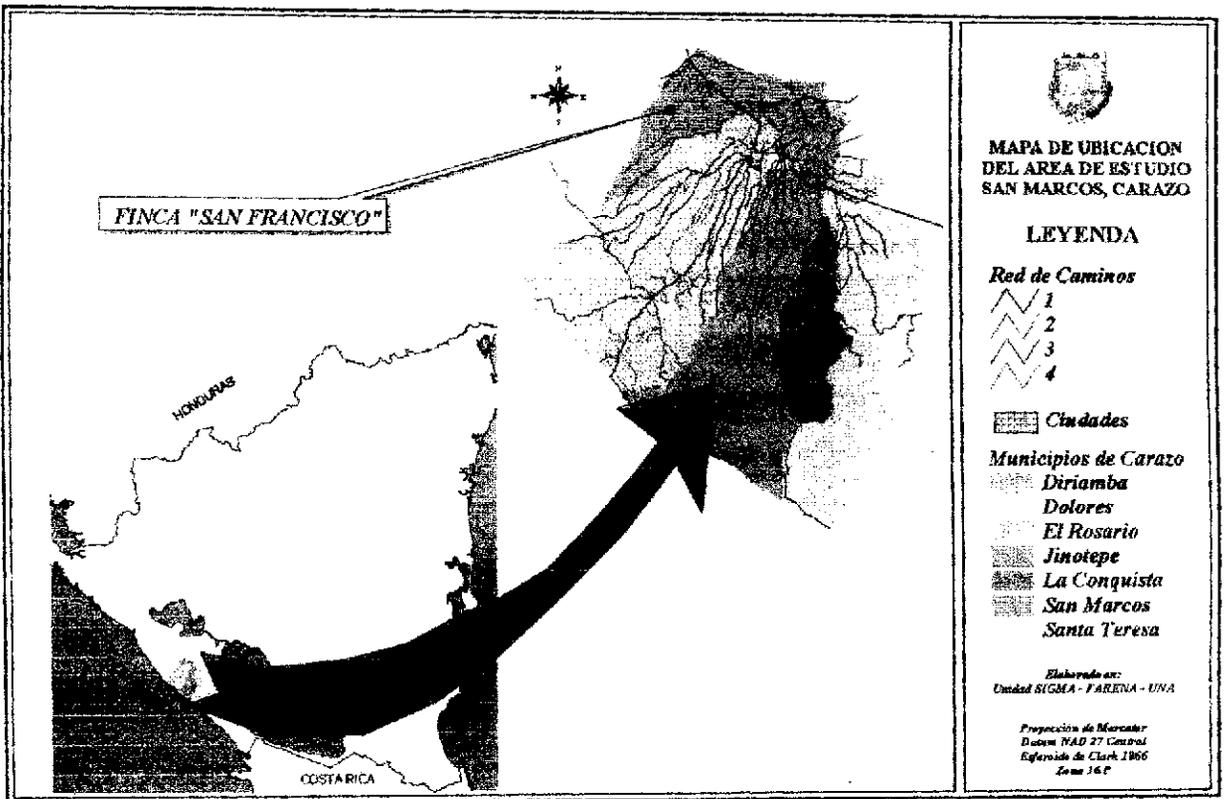
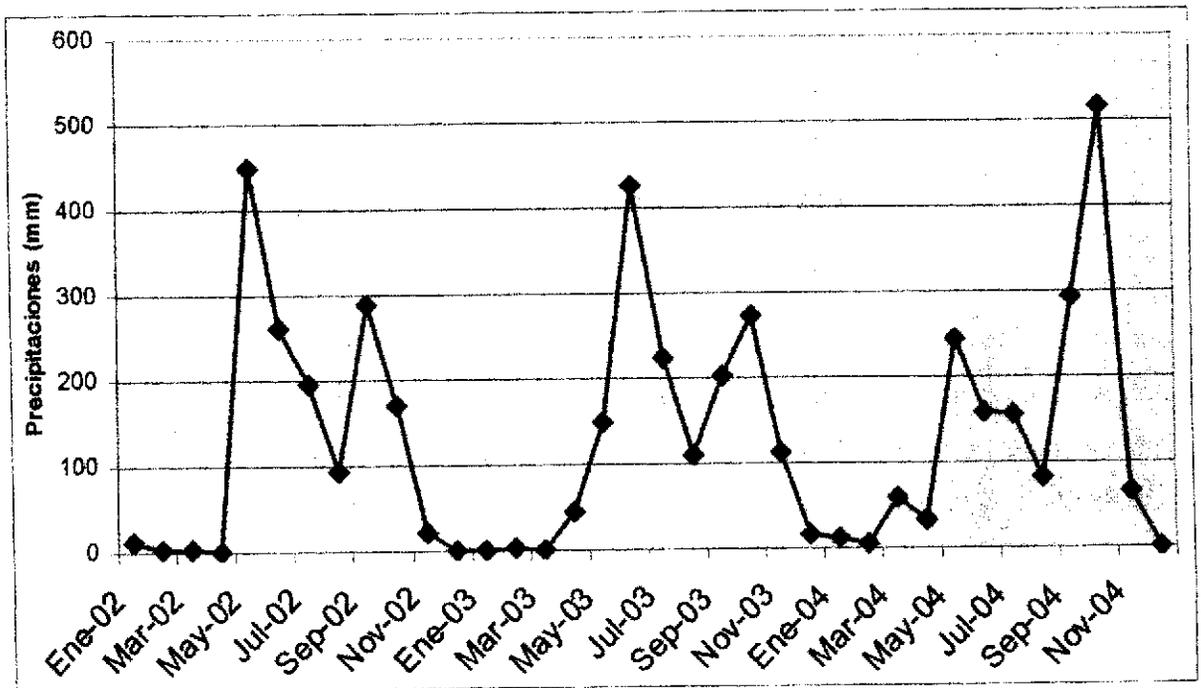


Fig. 5.2 - Mapa de ubicación del área de estudio, Finca "San Francisco" San Marcos, Carazo.

Gráfico 5.1- Comportamiento de las precipitaciones en los tres años de estudio.



Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos del Jardín Botánico de Masatepe.

Los suelos de la zona tienen una textura franco arenosa, con pH entre el 4,8 y el 6,3, el contenido en materia orgánica es alto; en las dos tablas siguiente se resumen las características físicas y químicas de las parcelas considerados en el estudio.

**Tabla 5.1 - Características físicas de los suelos de la Finca San Francisco, Carazo.**

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

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, UNA 2002.

**Tabla 5.2 - Características químicas de los suelos de la Finca San Francisco, Carazo.**

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

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, UNA 2002.

## 5.2 Descripción de la parcela experimental

La plantación de café fue establecida en el año 2000. En Mayo del 2002 se delimitaron tres parcelas de 40 metros de ancho por 48 metros de largo (1920 m<sup>2</sup>) de una plantación de café (*Coffea arabica* L.) variedad Costa Rica 95 con 24 hileras de café distanciadas cada dos metros y una distancia de un metro entre planta y planta para una densidad poblacional de 5000 plantas de café por hectárea, con árboles de sombra de madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers), especie arbórea típica para sombra en los sistemas de producción de café en la región del pacífico de Nicaragua, uniformemente distribuidos en el área (8 metros por 10 metros). El área total del experimento fue de 5760 m<sup>2</sup>.

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

Los datos del presente estudio se recolectaron en 8 plantas en Agosto 2002, 8 plantas en Diciembre 2002 e 8 plantas en Junio del 2003, 8 plantas en septiembre 2003 8 plantas en diciembre 2003, 5 plantas en junio 2004 en cada uno de los tres tratamientos: café con sombra y fertilizante (CSF), café a pleno sol y fertilizante (CSolF) y café con sombra sin fertilizante (CS) dos de ellos asociados con sombra de madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers), como también en dos de los tratamientos se utilizo la misma dosis de fertilizante químico.

El manejo agronómico es el mismo en todas las tres parcelas, en acuerdo con el manejo convencional de la zona y de la finca, que presenta un área sembrada de 172,25 ha (245 Mz), con una producción promedio de 1050 Kg/ha de café oro. La fertilización edáfica solo se aplicó a dos parcelas de las tres y el método de aplicación del fertilizante fue al voleo sobre la basa de la planta, los productos usados fueron: urea 46% N, cloruro de potasio, 15-15-15, 30-00-20 (mezcla hecha por la finca), muriato de potasio. Las fertilizaciones se hicieron en los meses de mayo, agosto y octubre de cada año (tabla 5.3).

**Tabla 5.3** - Momento, fórmulas y dosis de fertilizantes aplicados a las dos parcelas sometidas a fertilizaciones.

Momento de aplicación								
2002			2003			2004		
Mes	Formula	Dosis (kg/ha)	Mes	formula	Dosis (kg/ha)	Mes	formula	Dosis (kg/ha)
Mayo	Urea y KCl	194 65	Mayo	30-00-20	259	Junio	Urea y KCl	272 45
Agosto	15-15-15	323.5	Junio	30-00-20	272	Agosto	30-00-20 KCl	230 92
Octubre	30-00-20	194	Agosto	15-15-15	272	Octubre	Urea y KCl	260 65

Fuente: Finca San Francisco.

El control de malezas se realizó con tres pases anuales, con Glifozato, 2-4D y Paraquat, en los meses de junio, agosto y octubre; también se realizó un desbejuque manual, en septiembre 2002 y al inicio del ciclo agrícola para los dos siguientes años. Las plagas y las enfermedades fueron manejadas utilizando productos químicos con tres pases anuales en 2002, dos en el 2003 y

solamente uno en 2004, contra la broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari) y los minadores (tabla 5.4).

**Tabla 5.4 - Momento, productos y dosis de agroquímicos aplicados a los sistemas de manejo.**

<b>Momento y Producto aplicado</b>					
<b>2002</b>			<b>2003</b>		<b>2004</b>
<b>Junio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Octubre</b>	<b>Marzo</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>
Cobre 2.5 kg/ka	Cobre 2.5 kg/ka	Cobre 2.5 kg/ka		Cobre 2.5 kg/ka	Cobre 2.5 kg/ka
Urea 380 kg/ha	Urea 50 kg/ha		Urea 380 kg/ha	Urea 380 kg/ha	
Endosulfan 1.4 l/ha					Endosulfan 1.5 l/ha
Adherente 150 cc/barril					
	Caporal 455 cc/ha				
		Alto 355 cc/ha			Alto 350 cc/ha
			KCl 2.5 Kg/ha		
			Acido bórico 1 kg/ha	Acido bórico 1 kg/ha	
			Lorsban 1.4 l/ha		Lorsban 1.5 l/ha
				Sulfato de zinc 1 kg/ha	

Fuente: Finca San Francisco.

Se efectuaron podas de los árboles de sombra de madero negro, en los meses de agosto 2002, agosto 2003 y agosto/septiembre 2004, que consistieron en un manejo formación y descentralización de la misma, con incorporación de la biomasa (hojas y ramas). Las cosechas de uva se realizaron de forma manual a la madurez de los frutos del café.

### 5.2.1 Variedad

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).

Se adapta muy bien en ambientes favorables propios del cultivo y presenta una alta resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), que la hace recomendable para las zonas donde existe una fuerte incidencia de roya (Bertrand *et al.*, 1999).

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.

### 5.2.2 Variables

El presente estudio utiliza el diseño utiliza un Bloque Completo al Azar (BCA), toma en consideración los datos recolectados a partir de agosto del 2002 hasta al diciembre 2004 y se pueden agrupar en:

#### 1. Variables de crecimiento

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

**Diámetro del tallo (mm):** mediado con un vernier o pié de rey a una altura de 10 cm. sobre la superficie del suelo.

**Proyección total de copa del café (m<sup>2</sup>):** se toma 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 aplica la siguiente fórmula para calcular el área proyectada por la copa del café:

$$PTCC = (\pi D^2)/4$$

Donde:

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

**D:** diámetro medio de la copa (m)

$\pi$ : 3,1416 constante

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

**Nudos totales por planta en el tallo principal:** se contabilizan 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 contabilizan todas las ramas primarias presentes en el tallo principal, incluyendo todas las ramas que presentan al menos dos nudos incluyendo el ápice.

**Número de ramas secundarias en el tallo principal:** se contabilizan todas las ramas secundarias presentes en el tallo principal de cada planta, incluyendo las ramas que presentan al menos dos nudos formados incluyendo el ápice.

**Número de ramas terciarias en el tallo principal:** se contabilizan todas las ramas terciarias presentes en cada planta, incluyendo todas las ramas que presentan al menos dos nudos formados incluyendo el ápice.

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

## **2. Variables de estructura productiva y rendimiento**

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

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

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

**Rendimiento en Kg. oro:** se registra los pesos de café uva de manera independiente de cada corte incluyendo los granitos, cortes y repelas. El peso de café uva se multiplica 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).

### 3. Distribución y incremento de la biomasa en la planta

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

### 4. Extracción de nitrógeno total

Para determinar el nitrógeno total por componente de la planta de café se utiliza el método Sulfo-Selénica (Digestión Húmeda): se procede a preparar una muestra de 0.2 gramos de cada componente, se le adiciona 5 ml de la mezcla sulfoselenica, se introduce en un microdigestador a una temperatura entre 360 y 410 ° C, luego de digerirlo y enfriado la muestra se proceda a la destilación del N.

La destilación se realiza en un tubo de digestión en un microdestilador, se le adiciona 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 calculo mediante la formula:

$$\%N = \frac{(M-B) * N * 1,401}{0,2 \text{ g}}$$

Donde:

**M:** son los mililitros de ácido sulfúrico gastados en la valoración de las muestras

**B:** son los mililitros gastados de ácido sulfúrico en la valoración del blanco

**N:** es la normalidad del ácido sulfúrico a 0.05 N

**1,401:** constante en la determinación del nitrógeno total

**0,2g:** peso de la muestra a analizar

La concentración de nitrógeno de cada órgano de la planta ha sido evaluada, solamente para los primeros tres meses del muestreo (agosto y diciembre 2002 y junio 2003), luego se calculó la concentración promedio de cada componente de la planta de café en cada tratamiento (tabla 5.3) y los resultados se usaron para calcular, manteniendo independiente cada sistema de los otros, la acumulación de nitrógeno en los siguientes meses.

**Tabla 5.5 - Concentraciones promedios de nitrógeno (%) por componente de planta de café en los tres sistemas de manejo.**

	<b>Raíces</b>	<b>Tallo</b>	<b>Ramas</b>	<b>Hojas</b>	<b>Frutos</b>
<b>CSF</b>	1,80	0,89	1,32	2,76	2,10
<b>CSolF</b>	1,83	0,86	1,46	2,96	2,13
<b>CS</b>	1,74	0,91	1,35	3,02	1,99

Fuente: muestras elaboraciones.

## **5. Variables físicas y organolépticas de la muestra de café oro**

**Tamaño de granos:** para evaluar esta característica se toman una muestra de 200 g por tratamiento o sistemas, se analizan el tamaño de los granos oro y se clasifica según los siguientes calibres: 20/64", 19/64", 18/64", 17/64", 16/64", 15/64" y < de 15/64", también se determinó el aspecto, tostado, defecto y humedad.

**Calidad de la taza:** el Laboratorio de Certificación de Café Nicaragüense (CERCAFENIC) evalúa el aroma, cuerpo, acidez, amargura, astringencia, sabores indeseables y preferencias.

### **5.3 Análisis estadístico: cuantitativo y descriptivo**

La elaboración de los datos fue hecha en primer lugar mediante el uso de hojas electrónicas de Excel, para archivar y reordenar todos los datos de tres años de trabajo. Las once variables de crecimiento y de productividad se procesaron solamente en la hojas de cálculo de Excel, limitando el trabajo a la realización de una serie de gráficos descriptivos, donde para cada variable se evidenció sus variaciones en los años de investigación y siempre en el mismo tiempo evaluando las diferencias entre los tres sistemas de manejo de los cafetos. En este caso el factor

más importante es la velocidad con cuyo la planta de café logra las condiciones optimas para explicar las fases reproductiva y productiva.

Luego se procesaron los datos de biomasa, contenido de nitrógeno y características físicas del grano de café, con el programa estadístico SAS V.8 2002, el cual es un conjunto de programas que proveen una variedad de capacidades para procesamiento y análisis.

La tipología de análisis que se decidió de aplicar es la “Distribución t de Student”, empleando un margen de error del 5%. El proceso trae en consideración las medias maestras de las tres parcelas experimentales, haciendo una comparación dos a dos, así estructurada:

- CFS vs CS
- CFS vs CSolF
- CS vs CSolF

En cambio los datos de calidad organoléptica se resumieron y analizaron en una serie de gráficos, siendo esas variables descriptivas.

Se realizó también unas series de análisis de correlación simple ( $r$ ), por el auxilio del software estadístico MINITAB Statistical Software 13.20, entre:

- Estructuras de crecimiento y productiva
- Biomasa seca total y acumulación de nitrógeno
- Rendimiento y biomasa seca total
- Rendimiento y acumulación de nitrógeno total

En el primer caso se decidió de evaluar, sobre todo, si existe una relación entre variables como altura, diámetro, número de nudos y número de ramas primarias, totales y productivas. Generalmente se piensa que un desarrollo en altura sea acompañado por un aumento del diámetro del eje principal, que haga de soporte mecánico y que ayude a aguantar el incremento en ramas. No obstante, mayor altura no significa, siempre, mayor número de nudos en el tallo y como secuelas más bandolas, porque el crecimiento de la planta podría ser debido por una mayor extensión de los entrenudos o por un aumento de los mismos nudos.

Se quiso evaluar si hay relaciones entre los diferentes tipos de ramas que desarrollan el plantío, bandolas y palmillas, y si el número de ramas productivas depende o puede depender por el número de ramas totales.

Luego se evaluó los vínculos existentes entre el contenido de biomasa seca total, la acumulación de nitrógeno y el rendimiento, investigando sobre los efectos de las fertilizaciones en el desarrollo vegetativo y productivo de la plantación, subrayando, también, los eventuales

riesgos que puede tener practicas agronómicas errada sobre el medio ambiente: fuga de nitratos y nitritos y contaminación de las aguas del subsuelo.

## **5.4 Comparación entre diferentes zonas de cultivación**

La segunda parte del trabajo ha previsto una escogida, archivo y proceso de unas series de datos de otros cafetales de Nicaragua, por plantear y estructurar una primera comparación cualitativa y económica. Se tomaron en consideración dos lugares de óptima vocación cafetalera, ubicados respectivamente en los Departamento de Matagalpa e Jinotega.

La última semana de febrero y la primera mitad del mes de marzo fueron disfrutada en los trabajo de campo, con la colaboración de los responsable y técnicos de la “Cooperativa Santa Maria de Pantasma”, Departamento de Jinotega y de la “Cooperativa la Solidaridad”, Departamento de Matagalpa, se hizo un aprendizaje de las diferentes situaciones cafetaleras, con salidas a las plantaciones, a los beneficios húmedo y seco y al Laboratorio de Catación de la Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte, Matagalpa (CECOCAFEN); luego se evaluaron los tratamientos que se quería investigar en el porvenir del trabajo y se sacaron las muestras de la última cosecha por los análisis físicos y organolépticos . En el caso de la “Cooperativa la Solidaridad”, donde se encontraron diferentes manejos agronómicos de los cultivos, se eligieron los tres sistemas dominantes, o sea: café orgánico, bajo insumo y convencional.

En segundo lugar se estructuró un análisis de los costos de mantenimiento de una hectárea en los diferentes manejos, por fin evidenciar la ganancia que se ha brindado en los últimos tres años.

Se analizaron las prácticas agrícolas usadas en cada sistema y las actividades después de la cosecha, o sea los procesos del beneficio húmedo y seco, hasta a la exportación; evaluando la mano de obra necesaria y el costo de la misma, la cantidad de productos y el valor de los mismos, por fin extrañar el costo total.

Siempre en los costos está involucrada la tasa de interés de la financiación entregada, cada año, al agricultor, igual al 9%. Esa corresponde a 0,85 \$ por kilogramo de café oro y es calculada en relación a estimas de la cosecha del ciclo cafetalero; por eso se calculó el valor total de la financiación con los rendimientos de café oro del año y luego se sacaron, solamente, las tasas.

Evaluando las producciones y los precios de mercado del café se pusieron sacar los ingresos brutos y por fin evidenciar la ganancia de cada parcela.

Las unidades de medida que se tomaron en consideración fueron:

- Días/hombre: mano de obra
- Dólar (\$): unidad monetaria
- Hectárea (ha): unidad de superficie
- Kilogramo (Kg): unidad de cantidad sólida
- Litro (l): unidad de cantidad líquida.

En el curso de la entrevista se guardaron las variables en las unidades locales o de uso común: quintal, manzana, córdobas; por eso hubo necesario convertirlos en la medida internacional.

En el caso de la unidad monetaria el factor de conversión fue 1 dólar = 16,5 córdobas, conseguido por el Banco de América Central (BAC). El factor de conversión de la superficie fue 0,7026, ya que una manzana es igual a 7026 m<sup>2</sup>. Por fin la traducción en kilogramos se obtuvo dividiendo los valores en quintal por 46, o sea a cuantos kilogramos corresponde un quintal.

Dado que las informaciones guardada en el curso del trabajo de campo ha expresado por manzana, todo los valores, excepto los precios de los productos agrícolas (fertilizantes, fungicidas, insecticidas y deshierba) han debido ser dividido entre 0,7026, para obtener los resultados en hectárea.

El resultado final expresa solamente la ganancia, o sea la diferencia entre el precio y el costo de la producción, reflejando el nivel técnico organizativo y la utilización de los recursos productivos de la empresa (Vivas, 1997) que puede brindar una hectárea explotada por medio de un sistema de café, por esa razón no puede evidenciar la rentabilidad bruta y neta de la hacienda, porque no solo no contempla todos los rendimientos, también no toma en consideración otros gastos, que presan sobre la misma parcela, como: las diferentes cuotas, o sea de amortización, manutención y seguro de la plantación, como de las herramientas empleadas en las labores.

No obstante el valor obtenido ya permite de poder en parte comprender el sistema más rentable y cual puede ser el nivel de vida de una familia rural que invierte, sobretodo, en el café.

## **6. Resultados y discusión**

### **6.1 Efecto de los sistemas de manejo sobre las estructuras de crecimiento de la planta de café**

En este capítulo se afronta la evolución que obtuvieron las estructuras de crecimiento en los tres diferentes plantíos, los análisis descriptivos permiten de comprender cual o cuales son los sistemas que más respondieron, sea como velocidad que como cantidad, a la sombra y fertilización.

El desarrollo que la planta de café logra cada año, es fundamental para sostener la productividad de la misma y en el mismo tiempo permitir la continuidad en los años futuros, evitando un agotamiento rápido del cafeto. Asimismo una estructura equilibrada con las ramas productivas es importante para conseguir buenos rendimientos y para mitigar los efectos de la bianualidad, que se acentuado pueden perjudicar la vida y la rentabilidad del cultivo.

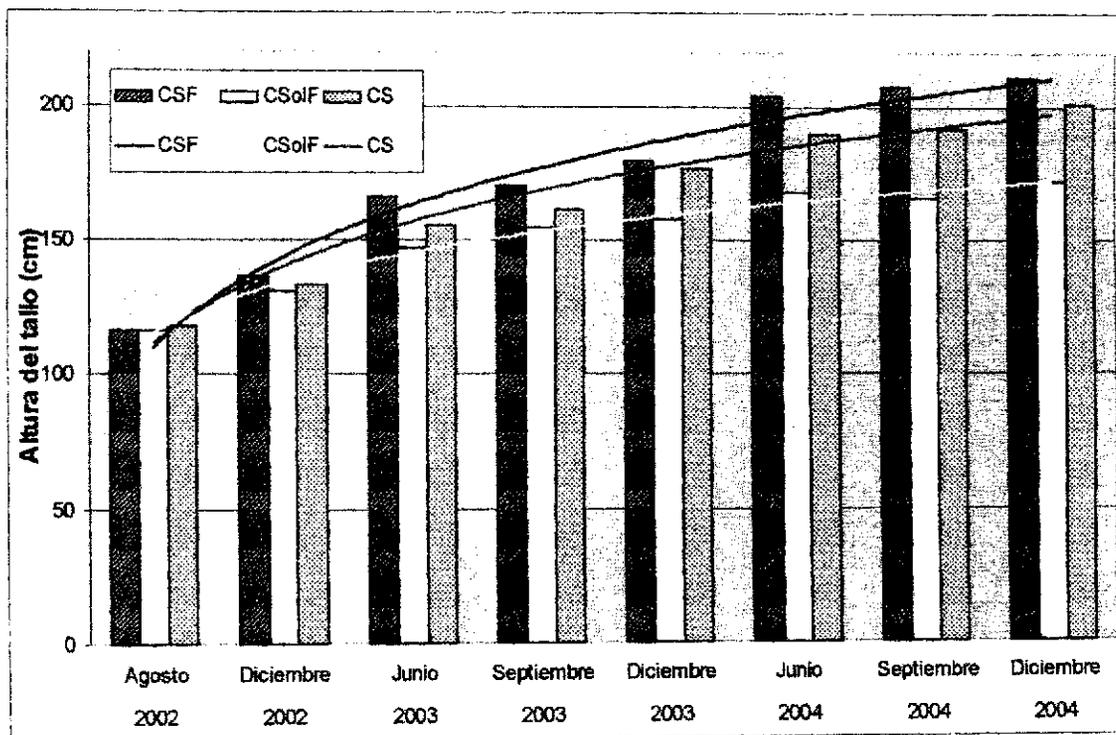
#### **Altura del tallo**

El crecimiento ortotrópico de una planta de café, señalado por la altura del tallo, es muy influenciado por las condiciones del medio (Coste, 1969), sin embargo la mayor actividad se encuentra en las estaciones lluviosas. Las modalidades de crecimiento del cafeto va a proporcionar ramas primarias y ramas secundarias y entonces la futura productividad de la plantación.

Como se puede ver en el gráfico 6.1, el sistema donde se encuentra siempre la altura mayor es el café con sombra y fertilización (CSF), seguido por el café bajo sombra sin fertilización (CS) y por último la topología de manejo a pleno sol con fertilización (CSOLF).

Siempre los cafetos bajo sombra obtuvieron el mayor crecimiento durante los años de la investigación, en primer lugar el café con sombra y fertilización (CSF), que sufrió un incremento de 95,4 cm, entre el último y el primero dato, pues casi doblando la altura inicial; el café con sombra sin fertilización (CS) obtuvo un crecimiento de 83 cm, en cambio el café a pleno sol con fertilización creció de solamente 55,7 cm.

**Grafico 6.1 - Efecto de la sombra y fertilización sobre la altura del tallo (cm) de la planta de café.**



Fuente: nuestras elaboraciones.

Pues se puede atribuir esta respuesta en primer lugar al efecto de la sombra y al aporte de materia orgánica de los árboles, y que la fertilización química solamente contribuyó a marcar la diferencia entre los sistemas bajo sombra, la siguiente afirmación es confirmada por cuanto reportado por Suárez y Castro (1961) y el Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café (ISIC, 1977), que afirman que en los primeros años de vida, el café bajo sombra alcanza mayores alturas y más rápidamente que el café a pleno sol. Por otro lado, Alvin (1962) afirma que el crecimiento está afectado por la temperatura, la intensidad de luz y fotoperíodo, factores que son más incidentes en cafetos a pleno sol.

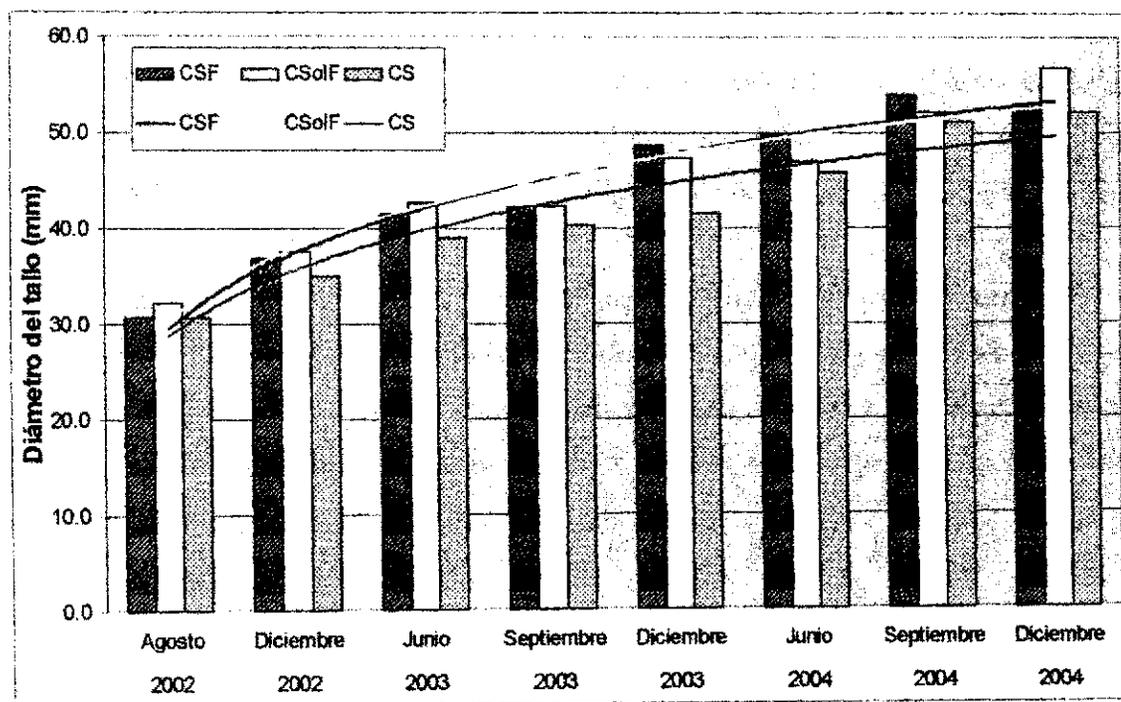
Esta afirmación fortalece los resultados obtenidos, donde los cafetos bajo sombra mostraron la mayor altura y el máximo incremento.

### **Diámetro del tallo**

El diámetro del tallo es muy importante, porque determina la capacidad del tallo en sostener la parte aérea de la planta, por eso se considera como un índice del vigor del café (Arias *et al.*, 1976).

El gráfico 6.2 muestra que los sistemas que tuvieron el mayor diámetro y en el mismo tiempo el máximo crecimiento, en todos y dos los casos de 45 cm, son: café a pleno sol con fertilización (CSolF) y café con sombra y fertilización (CSF).

**Gráfico 6.2** - Efecto de la sombra y fertilización sobre el diámetro del tallo (mm) de la planta de café.



Fuente: nuestras elaboraciones.

Este asunto puede hacer afirmar, que en los cafetos con fertilización, los elementos nutrientes son fácilmente absorbidos y que existen mayores procesos fisiológicos, como la absorción y el traslado de agua, sales minerales, sustancias metabólicas, savia bruta y elaborada; los cuales incrementan la estructura xilemática y floemática por el alto grado de transporte de los elementos en el sistema vascular.

En el mismo tiempo, se puede afirmar que en el caso del cafeto a puro sol, el menor desarrollo en altura implica que la mayoría de lo procesos de crecimiento hacen que la planta gaste su energía en un aumento lateral en vez de vertical.

### Proyección de la copa

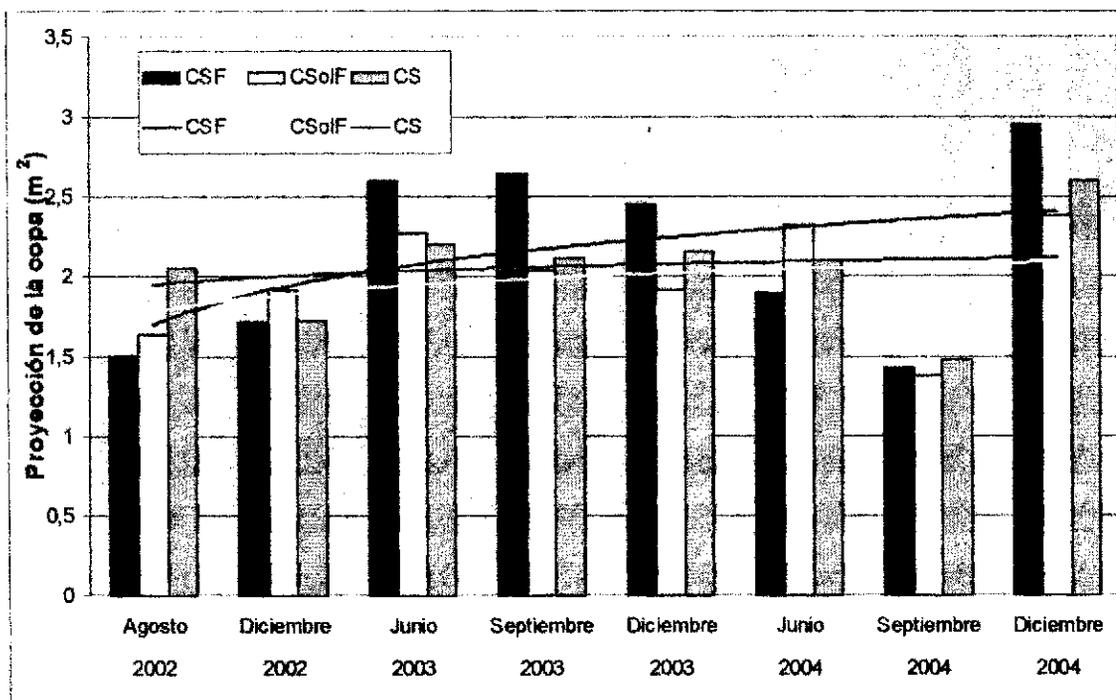
Castro y Díaz (2004) afirman que la sombra proyectada por la planta de café hacia el suelo es un factor muy importante para el control de las malezas y que reduce el crecimiento de éstas

por la sombra. En el mismo tiempo es importante recordar que la parte aérea de la planta de café está relacionada con la proyección de las raíces en el suelo y que existe una interacción nutricional (Fournier, 1988a).

El sistema que tubo el mayor incremento de la proyección en el curso de los años fue el de café con sombra y fertilización (CSF) con  $1,46 \text{ m}^2$ , seguido por el sistema a pleno sol (CSolF) con  $0,75 \text{ m}^2$  y por último el manejo de café bajo sombra sin fertilización (CS) con  $0,55 \text{ m}^2$ . Como está bien evidenciado en el gráfico 6.1.3, las mayores diferencias se tuvieron en el mes de agosto 2002, donde el valor más grande,  $2,05 \text{ m}^2$ , es en el café a pleno sol (CSolF), luego en los meses de junio, septiembre, diciembre 2003 y diciembre 2004, donde el manejo con sombra y fertilización (CSF) presenta los resultados más significativo, respectivamente de:  $2,60- 2,63- 2,45- 2,95 \text{ m}^2$ .

Estos datos confirman la importancia de una adecuada y balanceada fertilización para mantener el ritmo de crecimiento; Henao (1982) dice que el café es muy exigente a fertilizantes y que requiere suficientes y balanceados nutrientes para la formación y sustentamientos de sus órganos. Sin embargo el sistema bajo sombra sin fertilización (CS), sufrió la falta de abonos y el clima (época de lluvia).

**Gráfico 6.3 - Efecto de la sombra y fertilización sobre la proyección de la copa ( $\text{m}^2$ ) de la planta de café.**



Fuente: nuestras elaboraciones

La importancia de la proyección de la copa se muestra cuando se tiene que elegir las distancias de siembra, porque una siembra corta creará competencia de nutrientes entre las raíces y luz entre la parte aérea, ya que se cruzan.

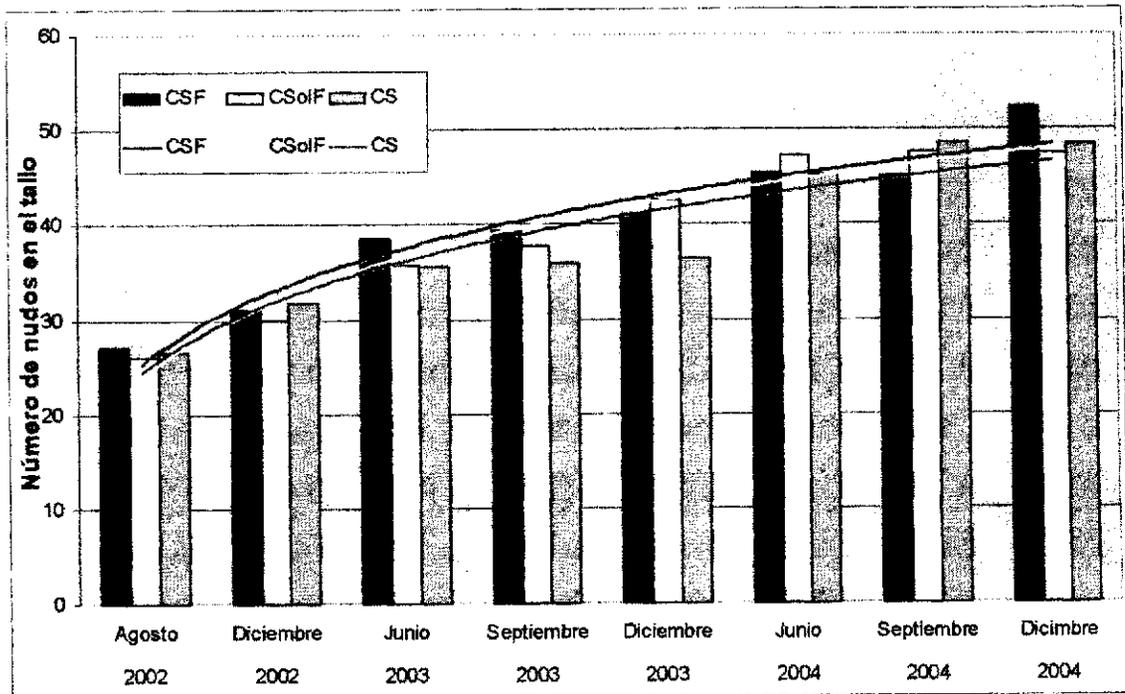
Se podría afirmar que los sistemas bajo sombra necesitarían una densidad del plantío menor para cumplir con el mayor desarrollo de la copa vegetativa.

### Nudos totales en el tallo principal

El crecimiento de una planta comporta el desarrollo de nudos y entrenudos, donde a nivel de lo primeros se contienen las yemas axilares que originan las ramas primarias (son el tejido productivo de los primeros años de vida) y brotes de crecimiento vertical (ISIC, 1977).

Como se puede ver y evaluar en el gráfico 6.4, no se encontraron diferencias significativas entre los tres sistemas de cultivo, ya que la diferencia entre el último y el primer año de investigación parecen casi la misma: 25,3 (CSF), 21,3 (CSolF) y 21,3 (CSF).

**Gráfico 6.4** - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de nudos en el tallo principal de la planta de café.



Fuente: nuestras elaboraciones.

No obstante, es importante señalar que en general los sistemas bajos sombra presentaron un mayor número de nudos en el tallo, lo que indica que el aporte de hojarasca por los árboles de sombra y el microclima, proporciona un medio más adecuado al desarrollo vegetativo del café y que el mayor crecimiento ortotrópico de las plantas de café con sombra sea un asunto para obtener un incremento más fuerte en el número de nudos. Esto coincide con lo que afirman Muschler (1999) y Fernández y Muschler (1999), ya que la sombra y la hojarasca ayudan en aguantar la deficiencia de agua, conservando la humedad y la fertilidad del suelo y moderan el estrés micro climático de la plantación.

Nosti (1970) señala que la iluminación influye en el crecimiento en longitud y número de entrenudos en el cafeto, encontrando una respuesta similar entre las dos variables y una respuesta mayor en café con sombra que en el tratamiento a pleno sol.

## **6.2 Efecto de los sistemas de manejo sobre las estructuras de productividad de la planta de café**

Las estructuras productivas del café, bandolas y palmillas, o sea ramas primarias, secundarias y terciarias son las que tendrán que sustentar los órganos reproductivos, flores y frutos, y la siguiente producción.

El número de esas estructuras ya podría ser usado como un primer índice para estimar el rendimiento de la plantación, no obstante es importante que la zona reproductiva que se encuentra en cada rama sea solamente la última, donde hay las yemas florales. La zona intermedia sirve para el crecimiento vegetativo de la misma y en cambio la parte a la base de la rama, inserción con el eje principal, es llamada esquelética, porque ya perdió sus funciones.

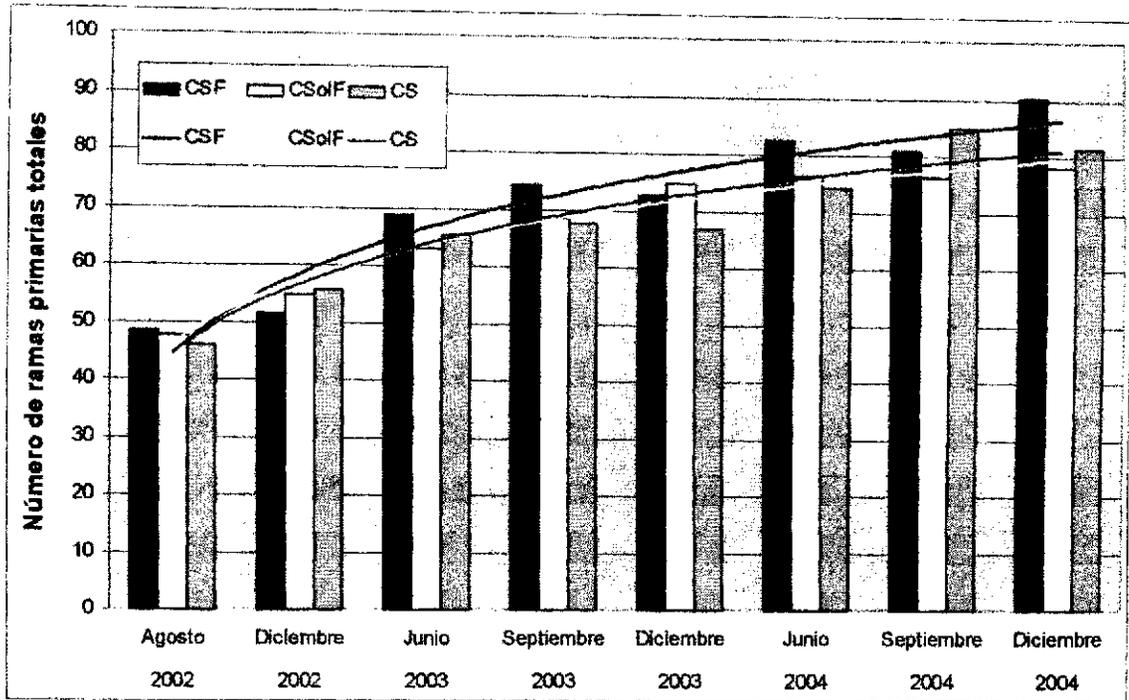
### **Ramas primarias totales**

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

El trabajo de investigación evidencia el hecho que siete veces sobre ocho, el mayor número de ramas primarias se encontró en los sistemas bajo sombra, sobre todo en el manejo combinado con la fertilización química (CSF), donde ha ocurrido el mayor incremento de bandolas entre el último y el primero muestreo, hace una diferencia de 42, seguido por el cultivo

sin fertilización (CS), con 35,4 ramas de diferencia, en cambio el sistema a pleno sol (CSolF) presenta una diversidad de 30,6.

**Gráfico 6.5 - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias totales de la planta de café.**



Fuente: nuestra elaboraciones.

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. Por supuesto, estas repuestas ayudan a fortalecer las afirmaciones precedentes, donde se dice que la sombra, la hojarasca y la materia orgánica aportada por las árboles permiten conservar o crear condiciones micro climáticas favorable al cafeto.

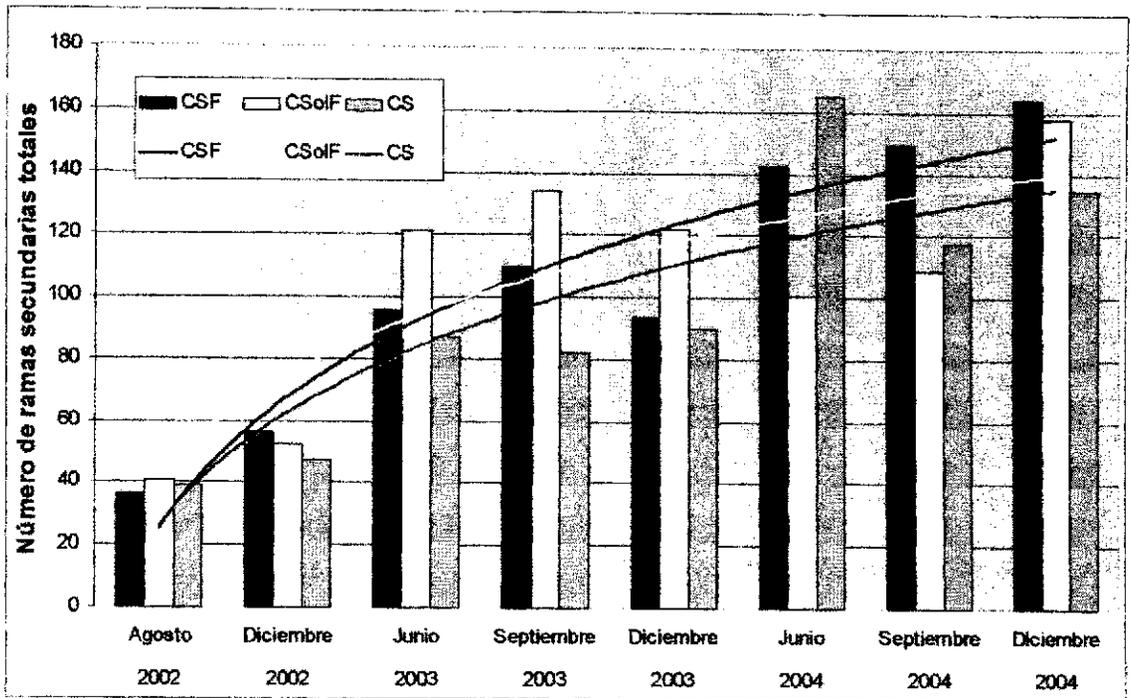
### Ramas secundarias totales

Las yemas cabezas de series de la ramas primarias originan ramas secundarias, las cuales cada nudo que presentan posee yemas que brotando desarrollan flores y posteriormente frutos, entonces se puede esperar en mayor productividad.

En este caso los sistemas que tuvieron el mayor número de ramas para cada muestreo y que al mismo tiempo se desarrollaron mayormente, fueron el manejo del cafeto con sombra y fertilización (CSF) y el a pleno sol con fertilización (CSolF).

La sombra podría jugar un papel menos importante en ese proceso fisiológico, por el hecho que la suministración de abonos químicos podría favorecer el desarrollo y la brota de las yemas de las ramas primarias. 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.

**Gráfico 6.6 - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias totales de la planta de café.**



Fuente: nuestras elaboraciones.

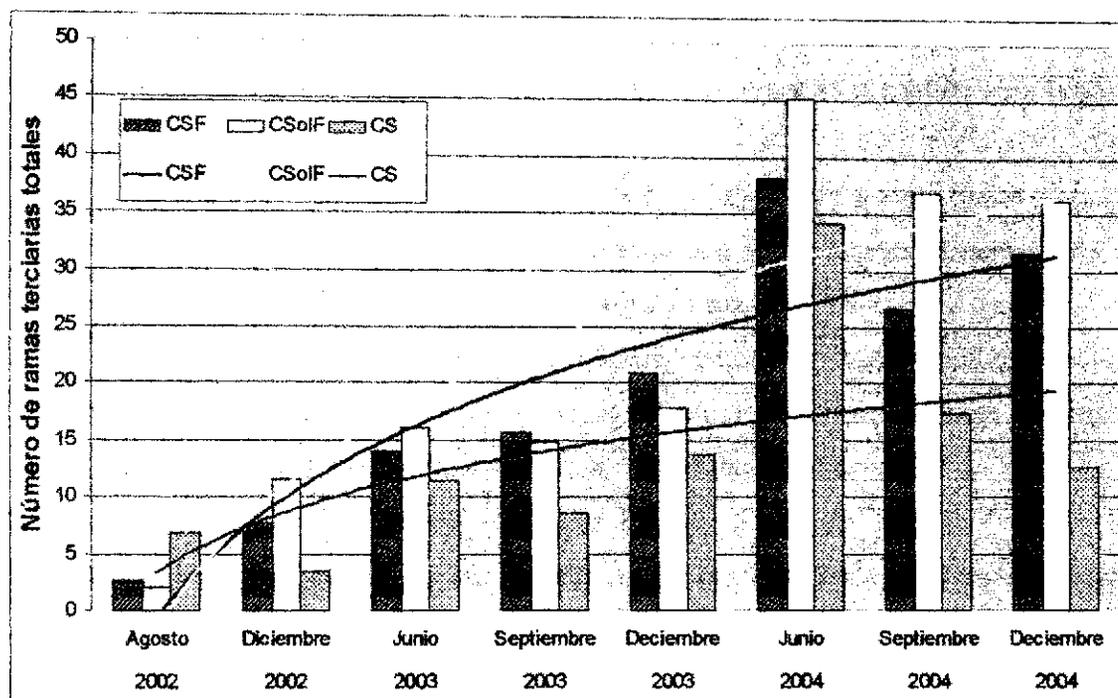
Sin embargo Aguilar (1995) afirma que en zonas con alta temperatura las características de porte y conformación de la planta se ven alteradas por un desarrollo vegetativo abundante y profuso.

### Ramas terciarias totales

El número de ramas primarias es muy importante como índice de la productividad, porque un cafeto con una mayor cantidad de ramas terciarias incrementará el rendimiento de la cultura,

dado que esas últimas se generan de las yemas cabeza de serie. Según PROMECAFE (1996) citado por Zelaya y Sotelo (2000), cuando las ramas primarias han perdido la capacidad de floración, las siguientes fructificación se trasladan a la ramas secundarias y terciarias.

**Gráfico 6.7 - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias totales de la planta de café.**



Fuente: nuestras elaboraciones.

Como se puede ver el gráfico 6.7, el mayor incremento en el número de ramas terciarias se tuvo el manejo del café a pleno sol con fertilización (CSolF), dado que la diferencia entre el último el primer año de investigación es de 34,1, seguido por el sistema bajo sombra y fertilización (CSF) con un valor par a 29,0 solamente un incremento de 5,7 ramas en la parcela con sombra sin fertilización (CS).

A la vez se observa que en los últimos tres muestreos, junio, septiembre y diciembre 2004, el manejo a pleno sol (CSolF) presenta resultados muy superiores a los demás, los cuales, en cambio, sufren una disminución.

Con los datos obtenidos se puede afirmar que en el caso del sistema a pleno sol (CSolF) son la iluminación y la radiación solar que afectan o estimulan el desarrollo y crecimiento plagiotrópico de segundo y tercer orden; 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.

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

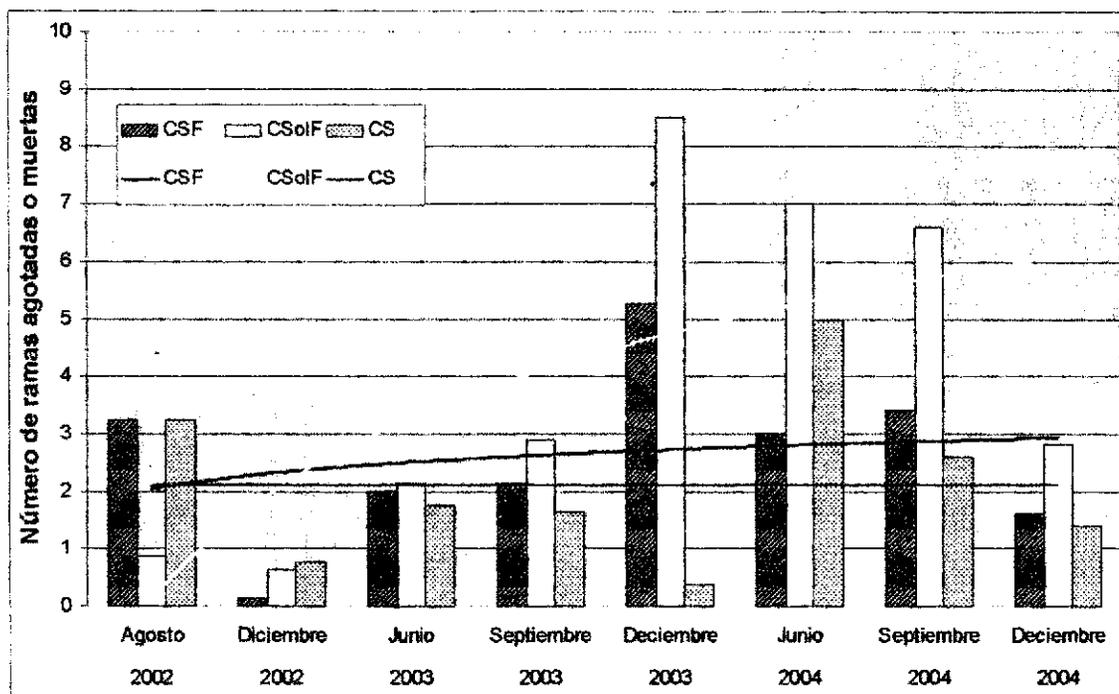
### Ramas primarias agotadas o muertas

El agotamiento o muerte de las ramas primarias puede ser debido a vejez, enfermedades, corte, déficit hídrico y/o nutricional y problemas fisiológicos que se presentan a lo largo de la vida del café.

Contabilizar el número de ramas agotadas es muy importante porque indica el grado de desgaste y productividad de la planta, porque a medida que se incrementa el número de ramas agotadas se reduce la productividad de la planta (Castro y Díaz, 2004).

El sistema que presentó un aumento en el número de ramas agotadas fue el manejo a pleno sol con fertilización (CSolF), con 1,9 ramas agotadas y/o muertas, no obstante los otros dos sistemas presentaron una disminución entre el primer y el último muestreo.

**Gráfico 6.8 - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias agotadas y/o muertas de la planta de café.**



Fuente: nuestras elaboraciones.

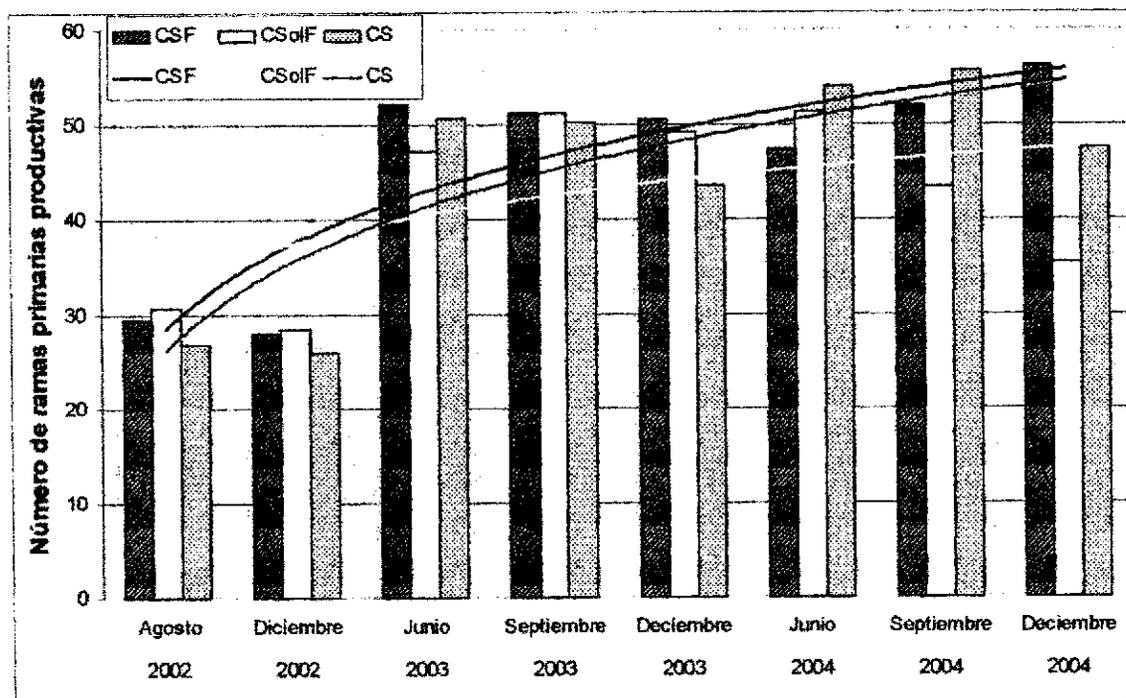
Arias (1982) afirma que el café bajo sombra no sufre muchas alteraciones en su arquitectura y le favorece los requerimientos de nutrientes, el efecto de condiciones ambientales adversas, favorece la disponibilidad de agua en el suelo y principalmente tiene una mayor longevidad la planta de café. Este debería ser confirmado por los datos sacados durante el trabajo de investigación.

### Ramas primarias productivas

Los frutos de café se forman y se desarrollan en las ramas primarias, secundarias y terciarias; a medida que una planta de café presente mayor número de ramas productivas se obtendrá un mayor rendimiento (Guevara, 1988).

Los manejos no tuvieron efectos sobre el número de ramas primarias productivas; por la razón que no se encontraron valores promedio muy diferentes. Solamente en los últimos dos meses del muestreo, el sistema a pleno sol con fertilización (CSolF) sufrió una drástica reducción en el número de bandolas desarrollada, que comporta una diferencia entre el último y el primer muestreo de 4,8 ramas. No obstante los otros dos sistemas presentaron un incremento de 26,8, bajo sombra y fertilización (CSF), y 20,9, sombra sin fertilización (CS).

**Gráfico 6.9** - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas primarias productivas de la planta de café.



Fuente: nuestras elaboraciones.

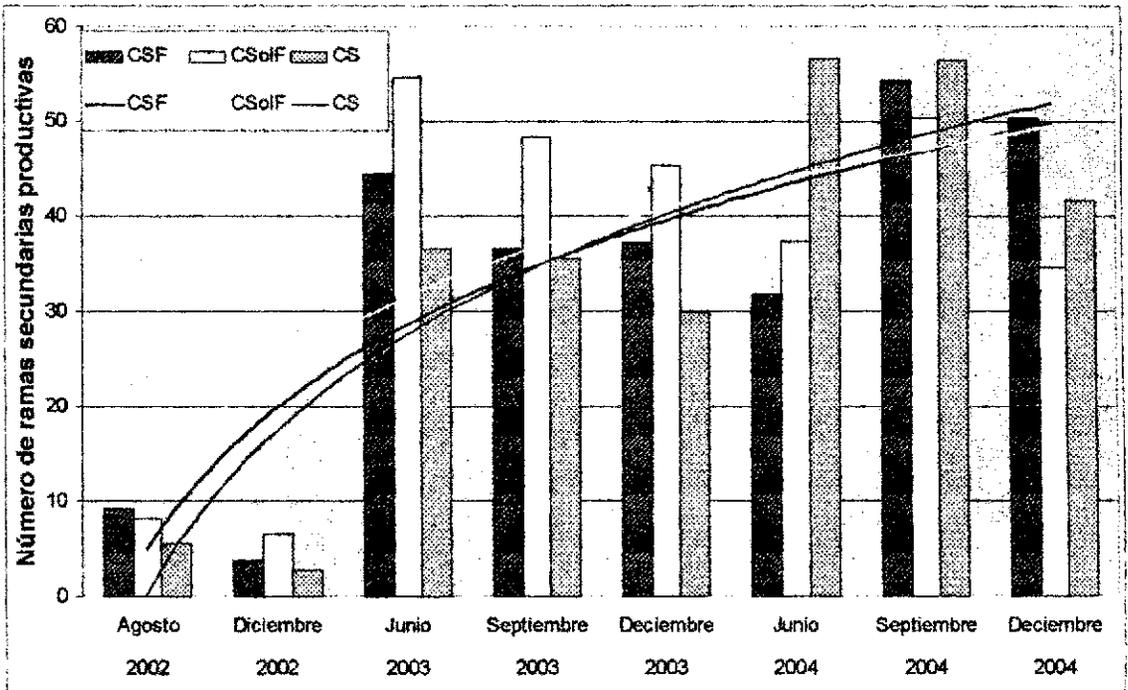
Fournier (1988b) señala que los cambios bruscos de temperatura se repercuten en la fisiología de la planta y Muschler (1999) afirma que las plantas de café a pleno sol y a menores alturas tienen una productividad de las ramas baja por el mayor desgaste que sufran. Entonces esta diferencia en el comportamiento se debe al microclima proporcionado por la sombra, que ayuda a reducir los estreses y mejora la productividad en las zonas a menores elevaciones.

### Ramas secundarias productivas

Con el pasar del tiempo, la producción se traslada desde las ramas primarias, que van a constituir una base improductiva, hacia las ramas secundarias y terciarias.

Como se puede observar en el gráfico 6.10 la variabilidad es muy acentuada, sobre todo en los meses de junio, septiembre y diciembre 2003, donde prevalecen los resultados del manejo a pleno sol con fertilización (CSolF), y en el mes de junio 2004, donde el sistema bajo sombra sin fertilización (CS) obtuvo el mayor desarrollo. La misma situación se registró en el siguiente muestreo, septiembre 2004, pero los otros dos sistemas recuperaron la diferencia.

**Gráfico 6.10 - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas secundarias productivas de la planta de café.**



Fuente: nuestras elaboraciones

El sistema que obtuvo el mayor crecimiento entre el último y el primer año del trabajo es el bajo sombra con fertilización (CSF), con 41,3 ramas, seguido con 36,1 del sistema con sola sombra (CS) y por último el sistema a pleno sol (CSolF) con 26,4.

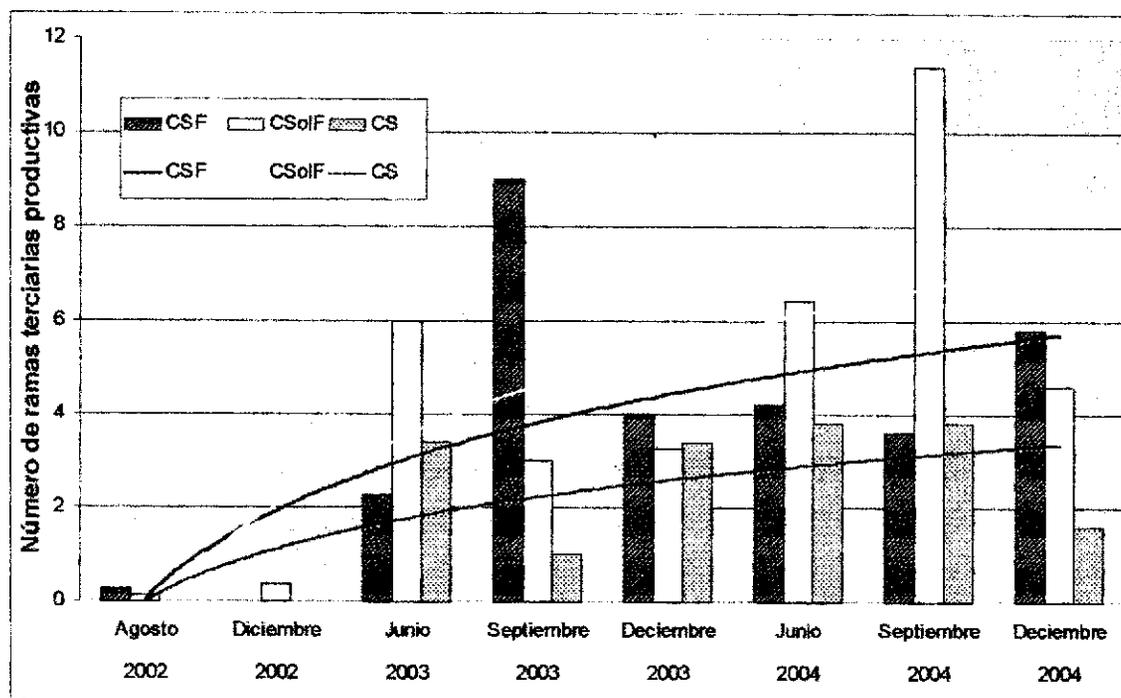
Con este resultado se puede afirmar que no hay efecto entre las tres tipología de manejo y esta respuesta se debe al factor iluminación, ya que el café bajo pleno sol tiene un incremento de la ramificación lateral, debido a un menor desarrollo en altura. La presencia de la sombra permite condiciones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

### Ramas terciarias productivas

Las ramas terciarias serán el lugar de máxima productividad cuando las ramas de primer y segundo orden habrán cesado de producir y entonces con el envejecer del cafeto.

En este caso los sistemas que obtuvieron el mayor crecimiento y en el mismo tiempo los mayores valores, son en primer lugar el sistema bajo sombra con fertilización (CSF), con 5,6 ramas y el cafeto a pleno sol (CSolF) con 4,5 ramas. No obstante el café manejado con solo sombra y sin fertilización tuvo un crecimiento de solo 1,6 ramas.

**Gráfico 6.11** - Efecto de la sombra y fertilización sobre el número de ramas terciarias productivas de la planta de café.



Fuente: nuestras elaboraciones.

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.

### **6.3 Relaciones entre las estructuras de crecimiento y productiva**

Por el uso del programa MINITAB se hicieron unos análisis de correlación simple ( $r$ ) entre las diferentes estructuras, crecimiento y productiva de la planta de café de los sistemas de manejo.

Se evaluó que los tres tratamientos presentaron el mismo comportamiento, sin embargo el desarrollo de la planta sigue el mismo recorrido, alcanzando solamente resultados diferentes según el cuidado agronómico que recibe, pero el equilibrio entre los órganos logra siempre los mismos resultados.

Los resultados (anexo 1) demostraron que existe correlación altamente significativa entre altura y diámetro (CSF = 0,980; CSolF = 0,936; CS = 0,966), altura y número de nudos del tallo principal (CSF = 0,973; CSolF = 0,976; CS = 0,952), altura y número de ramas primarias totales (CSF = 0,975; CSolF = 0,987; CS = 0,956) y entre números de nudos en tallo principal y número de ramas primarias totales (CSF = 0,986; CSolF = 0,981; CS = 0,973).

Se puede afirmar que una altura mayor permite un aumento en el número de nudos en el eje de la planta, con un probable desarrollo más acentuado de las ramas primarias totales; no obstante la altura tiene que ser acompañada por un mayor diámetro que permita sostener las estructuras del café que se irán desarrollando en la vida del plantío.

Los análisis mostraron que existe una correlación significativa en el tratamiento café bajo sombra con fertilización (anexo 1) entre las diferentes tipología de ramas que el café presenta, sobre todo entre número de ramas primarias totales, ramas primarias productivas ( $r = 0,901$ ), ramas secundarias totales ( $r = 0,978$ ), terciarias totales ( $r = 0,913$ ) y entre ramas primarias productivas y ramas secundarias productivas (0,959). En el caso de los otros sistemas los vínculos son menor relevantes: el café a puro sol (CSolF) mostró valores de correlación igual a 0,624 entre ramas primaria totales y productivas, 0,820 entre ramas primarias totales y secundarias totales y de 0,843 entre ramas primarias totales y terciarias totales. Por fin el sistema con sombra sin

fertilización obtuvo, en el mismo orden, correlación de 0,851, 0,841 y 0,545. Como en el tratamiento uno (CSF) la relación entre el ramas primarias productivas y secundarias productivas hubo buenos resultados, en el cafeto a pleno sol (CSolF) de 0,849 y en cafeto con sola sombra (CS) de 0,965.

Menos satisfactorios fueron los valores entre el número de ramas secundarias productivas y terciarias productivas, mostrando el mejor resultado en el café bajo sombra sin fertilizante, con  $r = 0,826$ .

Se puede afirmar que generalmente hay influencia entre el desarrollo básico, ramas primarias, de la planta y los sucesivos, pero el número de yemas y su origen no puede ser considerado como un índice seguro del porvenir estructurales y productivos; notable son los efectos que ejercita el microclima y la practica agronómica, por eso se señala que el manejo que tuvo un mayor equilibrio es el que gozó de la sombra y fertilización (CSF).

Los valores de correlación lograron resultados menos significativo entre el número de ramas secundarias totales y la correspondiente productivas (CSF = 0,841; CSolF = 0.791, CS = 0,904) y entre el número de ramas terciaria totales y productivas (CSF = 0,499; CSolF = 0,749; CS = 0,735).

Al final se hizo una correlación entre la proyección de la copa y el número de ramas totales (primarias, secundarias y terciarias), los resultados (CSF = 0,373; CSolF = 0,456; CS = 0.193) demostraron que la cantidad de bandolas y palmillas no influye en manera significativa sobre el tamaño de la proyección.

La copa en el periodo de la investigación no obtuvo, como el número de ramas totales, un crecimiento lineal, por que alternó años con valores altos a otros con valores más bajos; eso podría ser debido al hecho que las componentes epigeas del cafeto, siempre en constante aumento cada muestreo, hubieran tenido un porte más compacto y vertical que horizontal.

En conclusión los sistemas que gozaron de fertilizaciones químicas obtuvieron un desarrollo de sus estructuras más acentuado, que podría permitir sustentar una producción mayor.

## **6.4 Efecto de los sistemas de manejo sobre el rendimiento**

El cafeto está sometido a una alternancia de producción y el período de plena productividad es más o menos largo, ya que su duración está influenciada por numerosos factores: medio ecológico, métodos de cultivo, estado sanitario y cuidados (Coste, 1969).

El sistema que obtuvo el mayor rendimiento en el primer año, 2002, de investigación fue el café con sombra sin fertilización (CS); que se repitió también en el último de estudio. En el segundo año, 2003, el café a pleno sol con fertilización (CSolF), logró el rendimiento mayor, con una diferencia más acentuada, entre los tres tratamientos, en comparación a las cosechas de los otros años. En el 2004, de nuevo, el café con sola sombra (CS) tuvo el rendimiento en café oro más alto.



Fig. 6.1 - Parcela experimental a pleno sol (CSolF), Finca "San Francisco".

sombra tenga un efecto prioritario sobre la producción del cafeto.

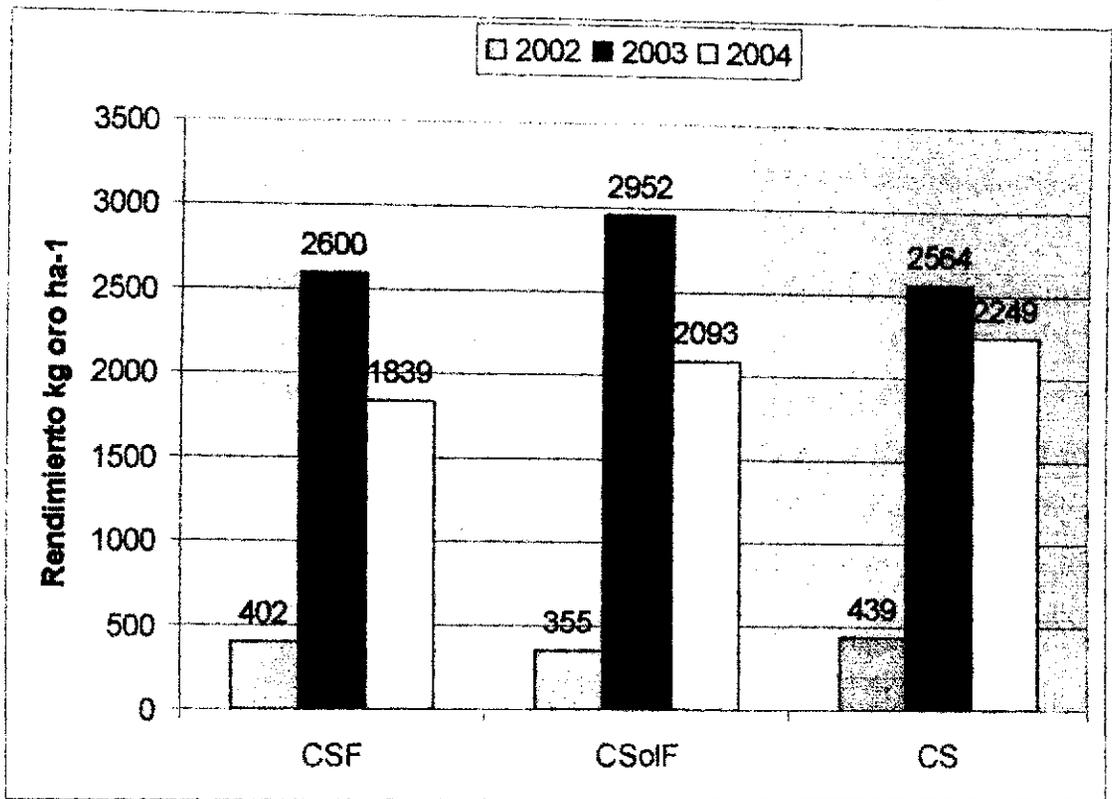
La productividad de una plantación de café, todavía, depende del crecimiento del año anterior; Arias (1982), señala que el crecimiento del año antes tiene influencia no tanto en el desarrollo del fruto sino más bien en la capacidad productiva de la planta.

Entonces fuera de la zona óptima de cultivación, a elevaciones menores, la asociación con árboles y el buen manejo y regulación de la misma puede permitir una adecuada explotación del cafeto y bajar o evitar el uso de fertilizantes químicos, como afirma Ramírez (1993).

Poniendo en relación el rendimiento con el número de ramas primarias, secundarias y terciaria, sea total que productivas, se puede señalar que el mayor desarrollo de bandolas en los sistemas bajo sombra (CSF y CS) está compensado por el mayor número de ramas secundarias y sobre todo terciarias evaluadas en el café bajo sol (CSolF).

Como se observa en el gráfico 6.12, le café bajo sol sin fertilización (CS), presenta las menores oscilaciones entre las tres cosechas; esto podría ser debido al hecho que la sombra modera los extremos microclimáticos. Pero no se puede afirmar, con seguridad, que la

**Gráfico 6.12 - Efecto de la sombra y fertilización sobre el rendimiento kg oro ha<sup>-1</sup>.**



Fuente: nuestras elaboraciones.

Los análisis de correlación simple (anexo 2) entre acumulación de biomasa y rendimiento y acumulación de nitrógeno y rendimiento (sin hacer distinciones entre los tres tratamientos), mostraron que los primeros dos no influyen directamente la producción del café ( $r = 0,598$   $P = 0,089$ ;  $r = 0,630$   $P = 0,069$ ), ya que en dos ocasiones el sistema con sola sombra sin fertilización (CS) obtuvo los mayores rendimientos.

El mayor número de estructuras productivas, ayudado por abono químico, no se puede asumir con certidumbre como índice absoluto de producción, seguramente permite estimar la cosecha del año.

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

## 6.5 Efecto de los sistemas de manejo sobre el contenido y distribución de la biomasa seca en la planta de café

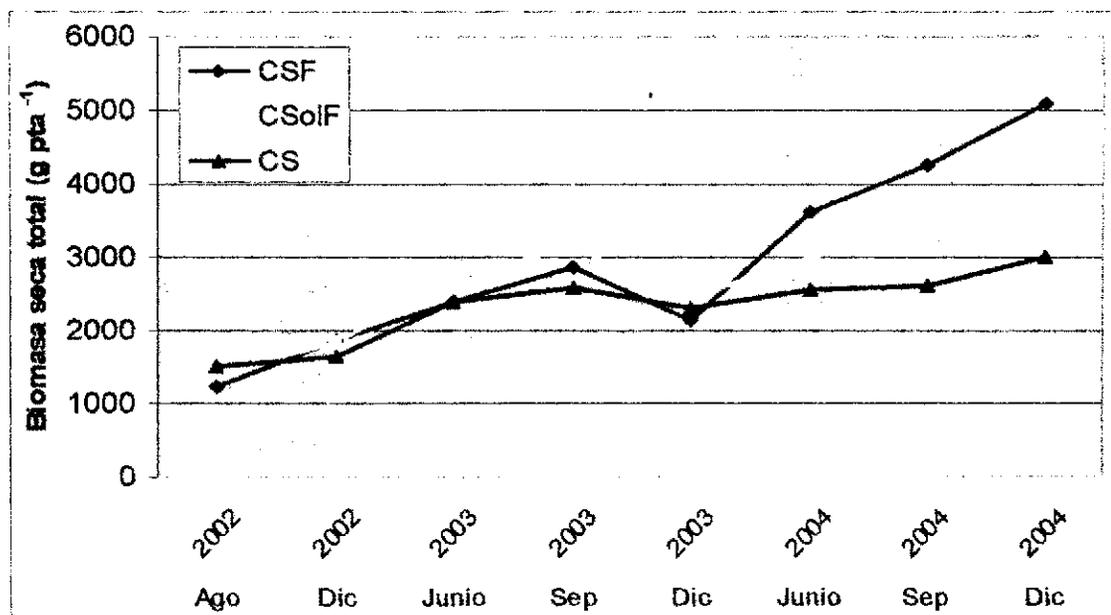
La materia seca del cafeto proviene de los procesos de fotosíntesis y respiración, que se realizan principalmente en las hojas (ANACAFE, 1998)

Los tres cafetos respondieron diferentemente a nivel del contenido total de biomasa seca ( $\text{g pta}^{-1}$ ), en relación a la tipología de manejo agronómico.

Como se puede observar en el gráfico 6.13, el sistema que obtuvo el mayor incremento de biomasa en el curso de la investigación fue el cafeto bajo sombra con fertilización (CSF), con  $3939,10 \text{ g pta}^{-1}$ , seguido por el café a pleno sol con fertilización (CSoIF), con  $2355,43 \text{ g pta}^{-1}$ . Dado que el manejo con sombra sin fertilización tuvo el resultado más bajo de los tres, con  $1500,86 \text{ g pta}^{-1}$ , sin embargo la fertilización jugó un papel importante para el desarrollo de las plantas, más del efecto que hubo la sombra.

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.

**Gráfico 6.13** - Efecto de la sombra y fertilización sobre el contenido de biomasa seca total ( $\text{g pta}^{-1}$ ) de la planta de café.



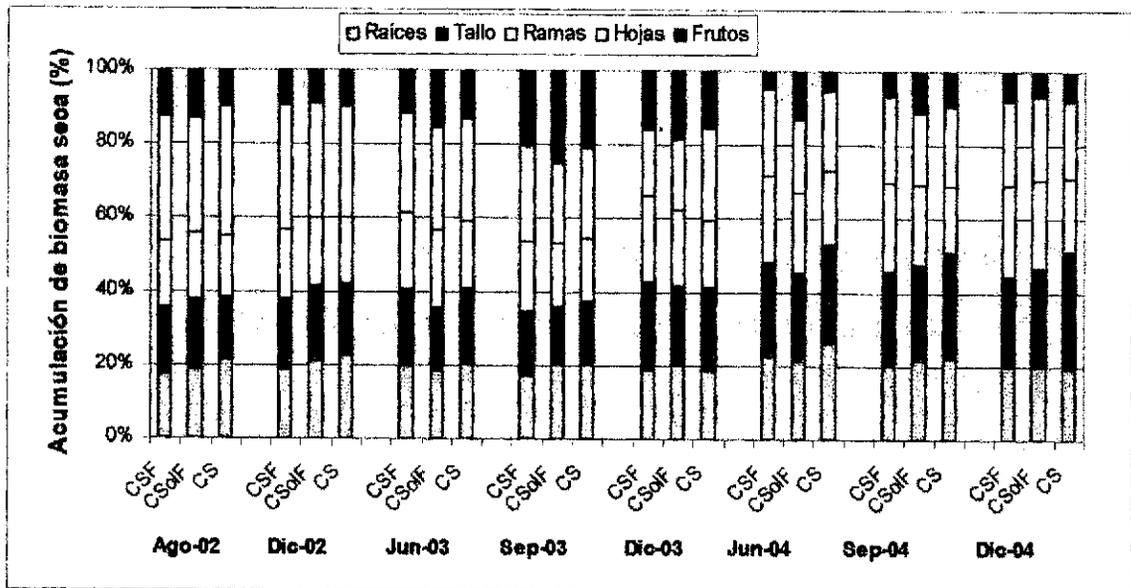
Fuente: nuestras elaboraciones.

El gráfico 6.14 muestra que la mayor concentración de biomasa se concentra, en los primeros años de vida del plantío, en las raíces y notablemente en las hojas. Vasudeva *et al.* (1973) citados por Guevara (1988) afirma que las hojas son el principal órgano que produce y acumula materia seca en el café, ya que realiza tres funciones importantes para la vida de la planta: transpiración, fotosíntesis y respiración.

Con el transcurrir de los años, las raíces siguen con la misma cantidad de biomasa, ya que las hojas disminuyen sus valores a favor de las ramas y del tallo sobretodo. Este último es el órgano que obtuvo el mayor incremento de biomasa seca en el curso del trabajo de investigación, en razón que la planta de café sube más en altura y diámetro del eje central.

Henao (1982) afirma que la concentración y distribución del sistema radical del café es directamente proporcional a la abundancia de materia orgánica del suelo, siempre en el gráfico 6.14 se puede observar que el cafeto con sombra (CS) tuvo, cada muestreo, el mayor porcentaje de acumulación de biomasa seca en la raíces. Este hecho confirma lo que señaló Henao (1982) y en el mismo tiempo se puede afirmar el tratamiento sin fertilización química compensa la escasez de nutrientes minerales gracias al aporte de hojarasca y a un desarrollo radical que permite encontrar más fácilmente el necesario para la vida de la planta.

**Gráfico 6.14** - Efecto de la sombra y fertilización sobre la acumulación porcentual (%) de biomasa seca en los órganos de la planta de café.



Fuente: nuestras elaboraciones.

Los frutos tienen datos muy variables según el mes y año, este hecho depende, probablemente, por el grado de madurez de los granos uva y por la bianualidad del cafeto; como se puede observar en el gráfico sobresaliente, en los años donde el plantío dio las menores producciones (2002, 2004), el contenido de biomasa seca demuestra valores bajo. Septiembre y diciembre 2003 fueron los meses que obtuvieron, en todos los tres sistemas de manejo, los cuantitativos más altos de biomasa seca, dado que corresponden al año de máximo rendimiento y en el mismo tiempo al periodo donde se encuentran las mejores cosechas.

El análisis estadístico “test t de Student” (anexo 3) empleado para evaluar si existen diferencia significativa entre los tres sistemas de manejo, con un grado de significatividad del 5%; ha permitido de evidenciar que hay unas diferencias a nivel de contenido de biomasa seca total ( $\text{g pta}^{-1}$ ), entre el cafeto bajo sombra con fertilización (CSF) y el cafeto bajo sombra sin fertilización (CS), en los meses de septiembre 2004 ( $\text{Pr} = 0.0033$ ) y diciembre 2004 ( $\text{Pr} = 0.0286$ ). Se trabajó con una probabilidad de t ( $\text{Pr} > t$ ), en el primer caso del 0,9511 y el segundo del 0,9899.

A nivel de los órganos de la planta de café, la mayoría de de las diferencias se encontraron, todavía, entre los dos tratamientos sobre indicado, CSF y CS y entre el sistema a puro sol (CSolF) y el café con sola sombra (CS); en particular a empezar del mes de diciembre 2003, o sea cuando las plantas acerca su estructura vegetativa definitiva. Los resultados hasta hoy obtenido, permiten afirmar que entre las tres parcelas experimentales no estaban diferencias significativas, se empezó la investigación y el muestreo con tres poblaciones homogéneas. Sin embargo, las variabilidad de datos hallados en el tiempo se ha debido al efecto de la fertilización química; dado que no hay diferencia entre el sistema con sombra y fertilizante (CSF) y el a pleno sol (CSolF).

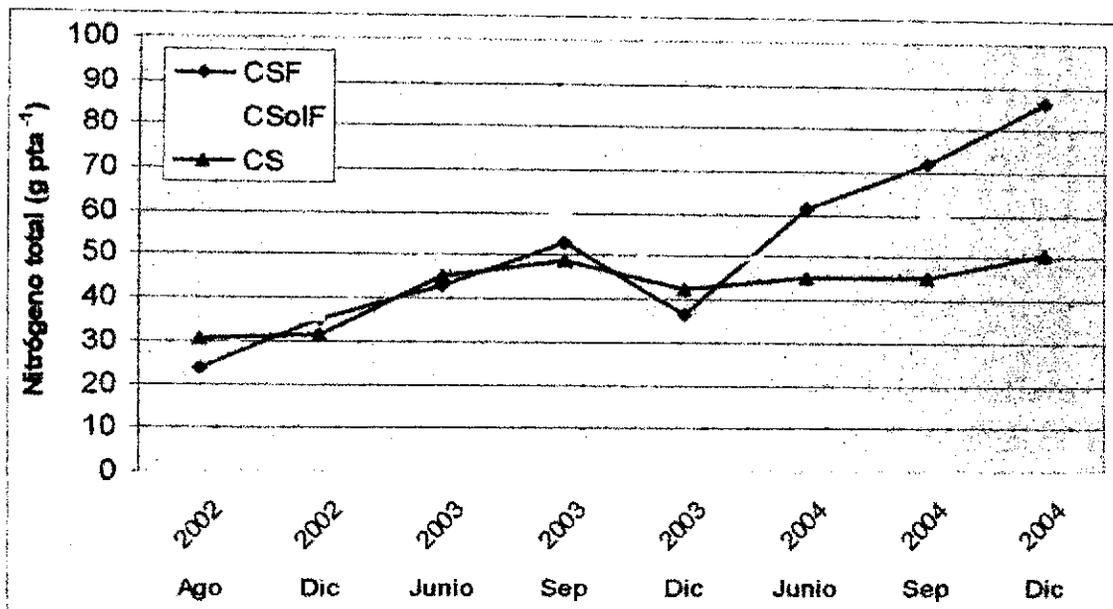
## **6.6 Efecto de los sistemas de manejo sobre la acumulación y distribución del nitrógeno ( $\text{g pta}^{-1}$ ) en la planta de café**

El nitrógeno es el elemento que el cafeto requiere en mayor proporción para lograr su normal desarrollo; Carvajal (1984) entre le funciones más importantes del nitrógeno menciona: 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.

Como en el caso de la biomasa seca acumulada, el sistema que obtuvo la mayor estación y acumulación de nitrógeno (gráfico 6.15), en el curso de la investigación, fue el cafeto bajo

sombra con fertilización (CSF), con 62,70 g pta<sup>-1</sup> de diferencia entre el último y el primer muestreo. Seguido con 38,12 g pta<sup>-1</sup> por el manejo a pleno sol (CSolF) y con 20,27 g pta<sup>-1</sup> por el sistema con sombra sin fertilizantes químicos (CS).

**Gráfico 6.15** - Efecto de la sombra y fertilización sobre el contenido de nitrógeno total (g pta<sup>-1</sup>) de la planta de café.



Fuente: nuestras elaboraciones.

Estos resultados contrastan con lo que afirman Henao (1982) y Carelli y Fahl (2000), quienes estudiando el crecimiento y asimilación de nutrientes del cafeto al sol y bajo sombra, encontraron que la primera tipología de manejo es la que acumula más nitrógeno.

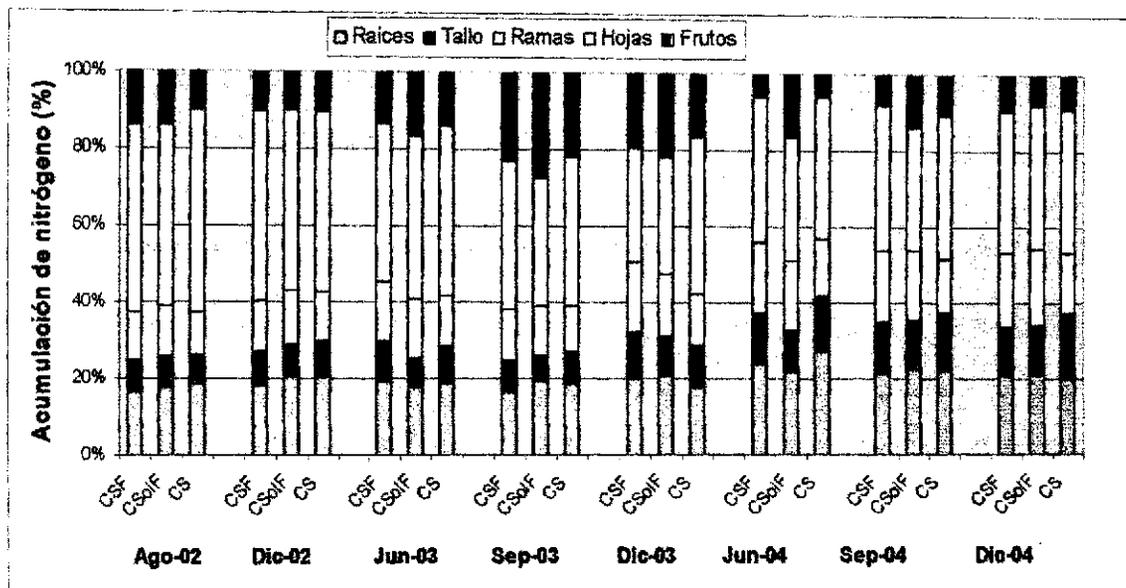
Las investigaciones de esos autores se enfocan sobretudo en plantas jóvenes y como se puede observar en el gráfico sobresaliente, en Diciembre 2002 y notablemente en Junio, Septiembre y Diciembre 2003, la parcela que mostraba la máxima respuesta era la de sol puro. Este comportamiento se debe, probablemente, a la radiación solar que las plantas reciben y por tal razón trabajan más y absorben más nutrientes.

La concentración mayor del nitrógeno por componente de la planta (gráfico 6.16) demuestra que las hojas es el órgano donde más se concentra este elemento, con valores porcentual entre uno 32% y uno 52% del contenido total de nitrógeno; no obstante es en el tallo donde se concentra las menores cantidades, entre el 7% y 17% del contenido total de nitrógeno.

Estos resultados corrobora el hecho que donde existen la casi totalidad de los procesos fisiológico se concentran los porcentajes más grande de los elementos, entre ellos hay nitrógeno.

En el tallo la concentración está relacionada a la constitución del tejido vegetal, que es lignificado.

**Gráfico 6.16** - Efecto de la sombra y fertilización sobre la acumulación porcentual (%) de nitrógeno en los órganos de la planta de café.



Fuente: nuestras elaboraciones.

Los análisis estadísticos, “test t de Student” (anexo 3), ha permitido de poner en evidencia las diferencias significativas que hay entre los tratamientos bajo sombra con fertilizante en comparación con el solo sombra y entre ese último el café a pleno sol. Las mayores variabilidades, a nivel de acumulación total de nitrógeno ( $\text{g pta}^{-1}$ ), se encontraron en los meses de diciembre 2003 (CSF vs CS:  $\text{Pr} = 0,0480$ ; CSolF vs CS:  $\text{Pr} = 0,0096$ ), septiembre 2004 (CSF vs CS:  $\text{Pr} = 0,0040$ ; CSolF vs CS:  $\text{Pr} = 0,0200$ ) y diciembre 2004 (CSF vs CS:  $\text{Pr} = 0,0059$ ; CSolF vs CS:  $\text{Pr} = 0,0359$ ). En ese caso se trabajó con unas probabilidades de te ( $\text{Pr} > t$ ) entre el 0,8869 y el 0,9890.

Si se evalúan las diferencias entre los órganos de la planta, se observan que tienen el mismo comportamiento de la acumulación total, con una variabilidad más acentuada en los meses de diciembre 2003, septiembre y diciembre 2004, sobre todo a nivel del tallo, ramas y hojas. Raíces y frutos son los dos componentes del café que presentaron la menor variabilidad entre los tres sistemas de manejo, los mismos dos órganos que ejercen el primero la mayor actividad de asimilación de los nutrientes, entre cuyo el nitrógeno; mientras que el segundo es donde se almacenan los elaborados finales de los procesos productivo del cafeto.

Como se puede observar por los resultados, el contenido de nitrógeno y de biomasa seca obtuvo la misma tendencia, se puede afirmar que existe una correlación, confirmada por un análisis de correlación simple hecha por el programa estadístico MINITAB (anexo 2) que mostró  $r = 0.994$  (P- Value = 0.00), entre las dos variables y que empezando a trabajar con poblaciones homogéneas, se llegó a diferencias entre los sistemas por medio más a los efectos de la fertilización que a la sombra. Sin embargo, un mayor desarrollo vegetativo, fisiológico y fenológico, puede ayudar en el almacenamiento de los elementos minerales indispensable para la vida del café y para las actividades productivas.

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

La calidad es la mejor arma para enfrentar la crisis cafetalera de los últimos años y para poder ser siempre competitivos en el mercado internacional. El consumo de café de alta calidad está aumentando, ya que el mercado está dispuesto a pagar su precio; también que quiere el producto certificado orgánico o ecológico, producido bajo sombra, amigo de los pájaros y en línea del comercio justo (Katzeff, 2001).

Según la Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia (1986) citado por Mejía y Robles (1993), a nivel general se clasifican cuatro grandes calidades de café:

- Cafés suaves: es el café de mejor calidad del mundo; se caracteriza por el beneficiado vía húmeda y seca. Conocidos por café lavados o suaves. La especie cultivada es *Coffea arabica* L.
- Cafés otros suaves: le siguen en calidad a los suaves. Se caracterizan por ser beneficiados vía húmeda y seca. La especie cultivada es *Coffea arabica* L.
- Cafés fuertes: se caracteriza este café por el beneficiado vía seca. La especie cultivada es *Coffea arabica* L.
- Cafés robustas: es el café de peor calidad, corresponde a las especies *Coffea canephora* Pierre ex Froehner y *Coffea liberica* Mull ex Hiern.

Las características o cualidades que se evalúan y que determinan la calidad del producto pueden agruparse por un lado en las que dependen del aspecto físico del grano y por otro lado, en aquellas que se refieren especialmente a la bebida (organolépticas).

Según Katzeff (2001), la calidad de café depende de:

- La bondad de la naturaleza (suelo, altura, clima, etc.)

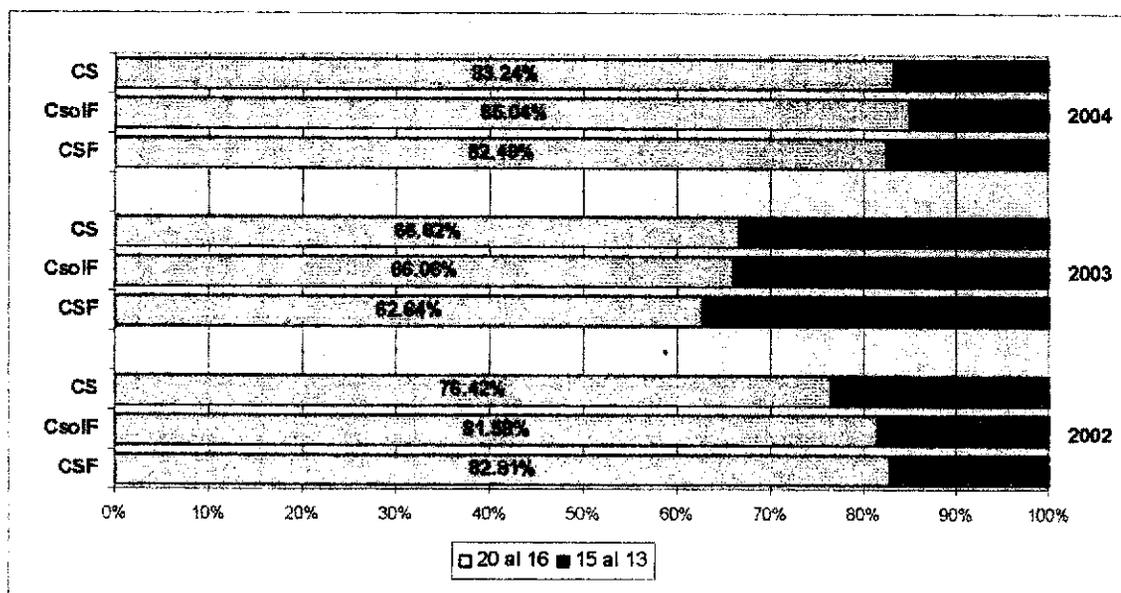
- Los métodos del cultivo
- Los procedimientos del café en la finca
- Los procedimientos del café en el beneficio
- La clasificación en el beneficio seco
- las condiciones de almacenaje y transporte.

### Características físicas

En esa categoría de calidad son definidas una serie de características como: el tamaño, aspecto, tostado y defectos de los granos (anexo 4).

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

**Gráfico 6.17 - Efecto de la sombra y fertilización sobre el tamaño de los granos de café (promedio de cada cosecha anual).**



Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

El gráfico 6.17 resume los resultados de las cosechas en los tres años de investigación (suma del tamaño de las diferentes cosechas anual y calculo del promedio para cada sistema de manejo), como se puede observar, en el 2003, donde se tuvo el máximo rendimiento de las tres parcelas, también se obtuvo una disminución porcentaje 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 rescontraron diferencias significativas entre los tres sistemas de manejo, pero se puede señalar que el momento de cosecha influencia el tamaño de los granos; porque la de los meses de noviembre y diciembre, siempre, obtuvieron el porcentaje mayor entre el 16 y el 20 (tabla 6.1). Se tiene que precisar que el corte pleno (llamado también segundo pase), se realiza desde noviembre hasta enero y en este periodo se cosecha aproximadamente un 70% de la producción.

**Tabla 6.1 - Porcentajes de los diferentes tamaño según el sistema de manejo y número de corte.**

Año	Número de corte	CSF		CSoIF		CS	
		16 al 20	13 al 15	16 al 20	13 al 15	16 al 20	13 al 15
2002/2003	Cosecha 3	85.59%	14.41%	83.38%	16.62%	79.30%	20.30%
	Cosecha 4	87.54%	12.46%	88.76%	11.24%	86.24%	13.76%
	Cosecha 5	75.30%	24.70%	72.60%	27.40%	63.72%	36.28%
2003/2004	Cosecha 1	70.70%	29.30%	74.45%	25.55%	56.60%	43.40%
	Cosecha 2	33.73%	66.27%	48.20%	51.80%	55.98%	44.02%
	Cosecha 3	66.25%	33.75%	70.90%	29.10%	76.85%	23.15%
	Cosecha 4	36.99%	63.01%	35.20%	64.80%	33.60%	66.40%
	Cosecha 5	69%	31%	71.45%	28.55%	71.60%	28.40%
	Cosecha 6	82.25%	17.75%	80.22%	19.80%	83.55%	16.55%
	Cosecha 7	79.55%	20.45%	80%	20%	88.20%	11.80%
2004/2005	Cosecha 5	83.09%	16.91%	84.12%	15.88%	82.78%	17.22%
	Cosecha 6	81.89%	18.11%	85.95%	14.05%	83.69%	16.31%

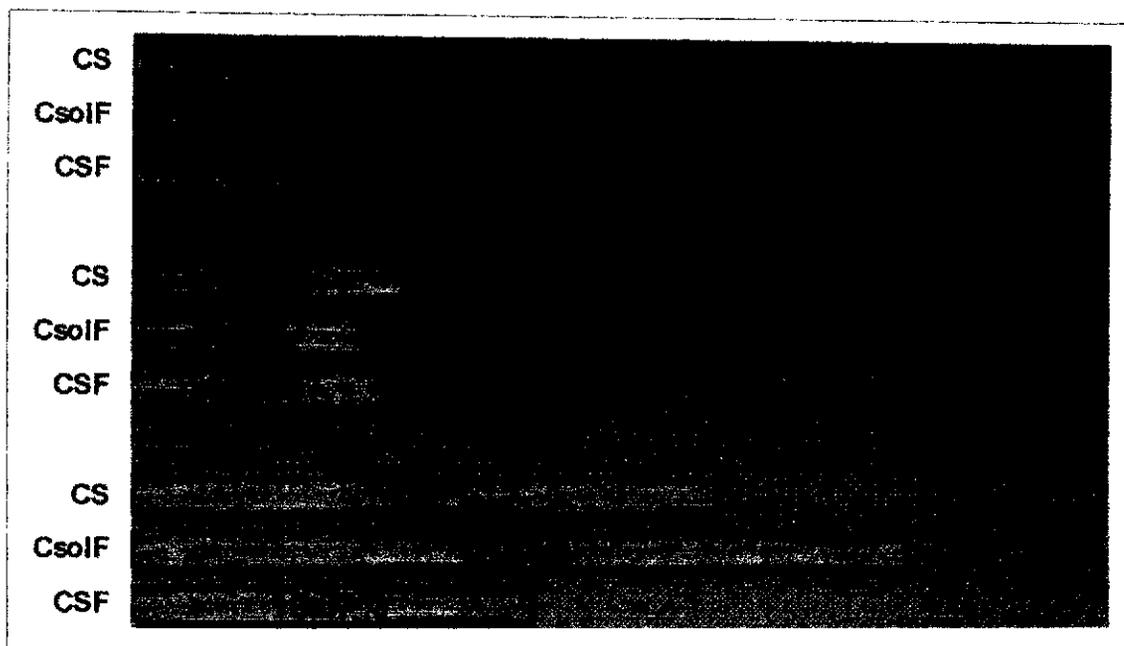
En rojo los cortes de los meses de noviembre y diciembre donde se hallaron los tamaños mayores de los granos de café oro.

Fuente: Nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

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.

Un comportamiento diferente fue aquel de los defectos de los granos, que el curso de la investigación mostraron una reducción porcentual, como se puede ver en el gráfico 6.18 (promedios de cada cosecha anual).

**Gráfico 6.18** - Efecto de la sombra y fertilización sobre el porcentaje de defectos de los granos de café (promedio de cada cosecha anual).



Fuente: muestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

Entre los diferentes tratamientos y entre las diferentes época de cosecha no se encontraron diferencia significativa, la sombra y la fertilización no tuvieron efectos sobre la cantidad y la tipología de defectos. 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.

En el año 2003 donde se analizaron el ciclo completo de cosechas, en el sistema bajo sombra con fertilización (CSF) el defecto va de 4,30% a 9,20%, en le cafeto a puro sol (CSolF) va de 3,65% a 8,10% y el bajo sombra sin fertilización (CS) fue de 3,40% a 13,70%. Como se observa el último manejo es el que presentó la oscilación mayor, en cambio los primeros dos cupieron entre el mismo intervalo de valores.

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

El aspecto o apariencia del grano oro obtuvo un sensible mejoramiento de un año con el otro (tabla 6.2), sobre todo en el caso del sistema a pleno sol (CSolF), donde obtuvo en las últimas cosechas de los años 2003/04 y 2004/05 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 regular en las recolectas 2004/05.

**Tabla 6.2 - Efecto de la sombra, fertilización y número de cosecha sobre el aspecto y la apariencia de tostado del grano de café.**

Año	Número de corte	CSF		CSoIF		CS	
		Aspecto	Tostado	Aspecto	Tostado	Aspecto	Tostado
2002/03	Cosecha 3	Imperfecto, Blanqueado	Regular, Disparejo	Imperfecto Blanq. Dispar.	Regular, Disparejo	Regular Blanq. Dispar.	Regular, Disparejo
	Cosecha 4	Regular, Blanqueado	Regular, Disparejo	Regular Bla. Imperf.	Regular	Regular Blanq. Imperf.	Regular, Disparejo
	Cosecha 5	Regular Pálido, Disparejo	Regular	Regular, Disparejo	Regular	Regular Imperf. Dispar.	Regular
2003/04	Cosecha 1	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo	Regular Imperf. Dispar.	Regular, Disparejo
	Cosecha 2	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo	Regular Imperf. Dispar.	Regular, Disparejo	Imperfecto, Disparejo	Regular
	Cosecha 3	Imperfecto Disparejo	Regular	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo
	Cosecha 4	Imperfecto Disparejo	Regular, Disparejo	Imperfecto, Disparejo	Regular	Regular, Imperfecto	Regular, Disparejo
	Cosecha 5	Bueno, Regular	Regular	Bueno Regular	Regular	Regular, Disparejo	Regular
	Cosecha 6	Bueno, Regular	Regular	Bueno Regular	Bueno, Regular	Regular	Regular
	Cosecha 7	Pálido, Disparejo	Regular	Regular	Regular	Regular, Disparejo	Regular, Disparejo
2004/05	Cosecha 5	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
	Cosecha 6	Regular	Regular	Bueno, Regular	Regular	Regular	Regular

En rojo los cortes de los meses de noviembre, diciembre y enero donde se hallaron los mejores aspectos del grano oro y del tostado.

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

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 6.2.

Como en el caso de la apariencia del grano oro el sistema que hubo el mejoramiento más significativo en curso de la investigación fue el plantío a pleno sol (CS), siendo, en el mismo tiempo, el que obtuvo la máxima disminución del porcentaje de defectos, entre la primera y la última cosecha, como está resumido en el gráfico 6.18.

### **Características organolépticas**

Las cualidades de la bebida las evalúa el catador al oler y saborear la infusión, ésta es la fase de la calificación donde es más importante la habilidad personal y experiencia del catador.

Entre las cualidades que se evalúan, las básicas son las siguientes:

- **Aroma:** es la primera calidad que el catador percibe, es una expresión de las sustancias volátiles de la infusión.
- **Acidez:** es la cualidad relacionada al contenido de ácidos en el grano oro, resultado del metabolismo de azúcares durante la maduración del fruto. Paul Katzeff (2001) afirma que la acidez permite de percibir todas las demás características, pero también es cierto que puede arruinar un café. Pero la acidez debe ser acompañada de sabor, entre más acidez tengas, más sabor necesitas.
- **Cuerpo:** es la cualidad de la taza relacionada con los sólidos solubles en la infusión y mejora con la altura y la maduración del fruto.
- **Licor:** es la conjugación del cuerpo, la acidez y la fineza de la taza.
- **Taza:** es la conjugación del aroma, la acidez, el cuerpo, el licor y fineza de la infusión (tabla 6.3).

**Tabla 6.3 - Términos usados para describir la taza.**

<b>Término</b>	<b>Definición</b>
Verde (V)	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 (D)	Indefinido procede de natas, verdes, películas adheridas en el grano y otros defectuosos.
Agrio (AG)	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.
Terroso (T)	Es un sucio muy marcado desagradable, predomina el gusto a tierra húmeda.
Vinoso (RIO)	La cosecha del café sobremaduro o el retraso en el despulpado, este sabor es originalmente dulce y agradable, se va haciendo mas agrio hasta ser un defecto; esta relacionado con la película dorada o rojiza.
Mohoso (M)	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.
Sabor a cosecha vieja (V <sup>o</sup> )	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.
Quakery (Q)	Es un grano de café que no desarrolló, que no tuesta bien porque no tiene azúcar ni carbohidratos y por ello no hay el efecto de enamorrnamiento del azúcar. Grano con color verdoso o gris claro, superficie marchita, tamaño menor que el normal.
Ligeramente (2) Medio (1) Pronunciado (0)	Grados de intensidad del carácter taza.

Fuente: nuestras elaboraciones sobre informe de Byron Corrales (Katzeff, 2001) y CERCAFENIC.

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.

Los resultados de los análisis realizados por el laboratorio CERCAFENIC (anexo 4) mostraron un mejoramiento de la calidad de la taza del café con el transcurrir de los años, pasando de una taza dañada a una taza limpia de daño en los tres tratamientos, hecho que ha permitido alcanzar una mejor salida comercial a nivel de mercado, empezando en el ciclo cafetalero 2002/2003 como café exportable bajo muestra (M) y logrando, en la cosecha 2004/2005, la clasificación de café convencional (B), adaptado para consumidores menos exigentes.

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 primer ciclo cafetalero, 2002/2003 (tabla 6.4: resumen de las tres cosechas evaluadas), los dictámenes de la taza (aroma, acidez, cuerpo y licor), se clasificaron como regulares en los tres sistemas de manejo, independientemente del número de la cosecha. El carácter de la taza fue descrito como a viejo y pronunciado ( $V^0/0$ ); solamente la cuarta cosecha del café bajo sombra fertilizante obtuvo una clasificación como agrio, viejo y pronunciado ( $AG/V^0/0$ ), también la quinta cosecha del tratamiento a pleno sol obtuvo un resultado diferente, siendo el carácter de la taza verde, viejo y medio ( $V/V^0/1$ ). El café, siempre, se clasificó como de tipo imperfecto, calidad "Café Lavado Imperfecto".

Por esa razón el producto puede ser exportado solamente después un muestreo o ser destinado al mercado nacional, menos exigente del punto de vista de la calidad, dado que, actualmente, el requisito principal es competencia a nivel de precios.

**Tabla 6.4** - Resumen de las características organolépticas del café en las tres cosechas evaluadas del ciclo cafetalero 2002/2003.

Lote	GUSTO EN LA TAZA					Tipo	Calidad	MERCADO
	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza			
Café bajo sombra y fertilización (CSF)	Regular	Regular	Regular	Regular	V <sup>o</sup> /0, AG/V <sup>o</sup> /0	IMPERF	Café Lavado Imperfecto	M = Bajo muestra
Café a pleno sol (CSolF)	Regular	Regular	Regular	Regular	V <sup>o</sup> /0, V/V <sup>o</sup> /1	IMPERF	Café Lavado Imperfecto	M = Bajo muestra
Café bajo sombra sin fertilización (CS)	Regular	Regular	Regular	Regular	V <sup>o</sup> /0	IMPERF	Café Lavado Imperfecto	M = Bajo muestra

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

En el curso del segundo ciclo cafetalero, 2003/2004, se observaron los primeros mejoramientos. El análisis presentó una taza limpia de daño (OK), en los tres sistemas, en la cosecha cinco y en los sistemas bajo sombra (CSF y CS) en la cosecha seis. Los dictámenes oscilaron entre el regular y el bueno/regular, mostrando características bien balanceada entre ellos. Como se puede observar son las recolectas que ya obtuvieron las mejores características físicas y el máximo rendimiento; por eso el café fue de tipo GW, calidad “Café Lavado Nicaragua” en la cosecha cinco y para un mercado convencional (B), en cambio en la cosecha seis fue de tipo SHG, calidad “Café Lavado Matagalpa/Jinotega”, siempre para un mercado convencional (B)

En las primeras cuatro recolectas (tabla 6.5: resumen de las primeras cuatro cosechas evaluadas) el sistema con sombra y fertilización (CSF) fue el que mostró la calidad sensiblemente mejor respecto a los demás, habiendo estado clasificado tres veces como “Café Lavado Nicaragua” (GW) y cayendo en los mercados de caféto convencional (B) y dañado (C). En cambio los otros dos tratamientos casi siempre presentaron un rubro de calidad incluida entre “Café Lavado Imperfecto” y “Café Lavado Nicaragua”, con perspectiva de comercialización en los mercados dañado (C) o bajo muestra (M). Los dictámenes de la taza se describieron como Regulares y el equilibrio de la taza presentó en cualquier caso unas irregularidades.

**Tabla 6.5** - Resumen de las características organolépticas del café en las primeras cuatro cosechas evaluadas del ciclo cafetalero 2003/2004.

Lote	GUSTO EN LA TAZA					Tipo	Calidad	MERCADO
	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza			
Café bajo sombra y fertilización (CSF)	Regular	Regular	Regular	Regular	V/V <sup>o</sup> /0, V/ M/1, V/Q/1 y OK	GW y IMPERF	Café Lavado Nicaragua e Imperfecto	C = Dañado B = Convencional M = Bajo muestra
Café a pleno sol (CSolF)	Regular	Regular	Regular	Regular	OK, DN/1, AG/V/1 y Q/0	GW y IMPERF	Café Lavado Nicaragua e Imperfecto	M = Bajo muestra B = Convencional C = Dañado
Café bajo sombra sin fertilización (CS)	Regular	Regular	Regular	Regular	RIO/0, V/T/0, M/1 y Q/0	IMPERF y GW	Café Lavado Imperfecto y Nicaragua	C = Dañado M = Bajo muestra

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

Las sucesivas tres recogidas (tabla 6.6: resumen de las últimas tres cosechas evaluadas), de los meses de noviembre, diciembre y enero, mostraron los mejoramientos que alcanzó el cafeto, logrando por fin el tipo SHG, calidad "Café Lavado Matagalpa/Finotega" y con una taza, que en la mayor parte de las veces, estaba balanceada y limpia de daño, con las características básicas que oscilaban entre el Regular y el Bueno/Regular, sobre todo en caso del café con sombra y fertilizante (CSF).

La taza presentó fue clasificada dos veces en los sistemas bajo sombra (CSF y CS) como "OK", pero en la cosecha siete obtuvo un avalúo agrío, verde, ligeramente (AG/V/2) en primer tratamiento (CSF) y viejo, quakery, medio (V<sup>o</sup>/Q/1) en segundo (CS). No obstante el manejo a pleno sol (CSolF), en la cosecha cuatro mostró una taza limpia de daño (OK), pero en las dos sucesivas recogidas fue identificado como verde, ligeramente (V/2) y verde, viejo, medio (V/V<sup>o</sup>/1).

Sin embargo el producto fue clasificado para un mercado convencional (B), pero el sistema a pleno sol (CSolF), presentó dos veces sobre tres un café para un mercado de tipo C, o sea dañado.

**Tabla 6.6** - Resumen de las características organoléptica del café en las últimas tres cosechas evaluadas del ciclo cafetalero 2003/2004.

Lote	GUSTO EN LA TAZA					Tipo	Calidad	MERCADO
	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza			
Café bajo sombra y fertilización (CSF)	Regular, Bueno/Reg	Regular, Bueno/Reg	Regular, Bueno/Reg	Regular, Bueno/Reg	OK, AG/V/2	GW y SHG	Café Lavado Nicaragua y Matagalpa/Jinotega	B = Convencional M = Bajo muestra
Café a pleno sol (CSolF)	Regular	Regular	Regular	Regular	OK, V/2, V/V <sup>o</sup> /1	GW y SHG	Café Lavado Nicaragua y Matagalpa/Jinotega	B = Convencional C = Dañado
Café bajo sombra sin fertilización (CS)	Regular	Regular	Regular	Regular	OK, V <sup>o</sup> /Q/1	GW y SHG	Café Lavado Nicaragua y Matagalpa/Jinotega	B = Convencional C = Dañado

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

El ciclo cafetalero 2004/2005 (tabla 6.7: resumen de las dos cosecha evaluadas) es el que dio la mejor calidad de la investigación; la taza se clasificó en todo los tratamientos como limpia de daño (OK), y los caracteres se rescontraron como regular, pero los manejos bajo sombra (CSF y CS) obtuvieron un aroma bueno/regular. El café fue de tipo SHG, calidad "Café Lavado Matagalpa/Jinotega, para un mercado convencional (B), con consumidores menos exigentes, como puede ser el mercado nacional.

**Tabla 6.7** - Resumen de las características organolépticas del café en las dos cosechas evaluadas del ciclo cafetalero 2004/2005.

Lote	GUSTO EN LA TAZA					Tipo	Calidad	MERCADO
	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza			
Café bajo sombra y fertilización (CSF)	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	B = Convencional
Café a pleno sol (CSolF)	Regular	Regular	Regular	Regular	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	B = Convencional
Café bajo sombra sin fertilización (CS)	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	B = Convencional

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

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 café 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.

Sin embargo se citan Katzeff (2001), Figueroa *et al* (2000), Rodas (1996), Mejía y Robles (1993), Wintgens (1992) y el ISIC (1983), quienes indican 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.

## 7. Comparación entre diferentes sistemas de producción del café en Nicaragua

La Cooperativa la Solidaridad, colocada en la Cuenca de Aranjuez (departamento de Matagalpa), está ubicada en la parte Norte-este a 2 kms del casco urbano de la ciudad de Matagalpa y a 125 kms de la capital Managua.

La altitud oscila entre los 1200 y 1400 msnm, con una temperatura promedio de 21° C y precipitaciones promedio de 2000 mm/año, consideradas como lluvias moderadas y constantes, con un periodo seco comprendido entre marzo- abril y un periodo lluvioso entre mayo- febrero.

En el caso de la Cooperativa la Solidaridad, se encuentran tres tipologías diferentes de manejo agronómico del cafetal, variedades Catimor y Caturro:

- Café orgánico;
- Café bajo insumo;
- Café convencional.



El cafetal orgánico se encuentra en la finca denominada “Los Pinos”, de propiedad de Arnulfo Corrales Arce, con una superficie de 16 hectáreas (11 manzana) y la actividad principal es el cultivo del café, que cubre una superficie de 4,2 hectáreas, compartida entre las variedades Catimor (0,7 ha, 1 manzana), Caturro (1,4 ha, 2 manzana) y Maracaturro (2,1 ha, 3 manzana), con sombra de guaba, musáceas, cítricos dispersos y sombra de forestales nativos. La topografía de la finca es quebrada, con una pendientes del 20 % y los suelos tienen una textura franco- arcilloso y pH de 5,5- 6,5.

Fig. 7.1 - Café con sombra de musáceas y forestales nativos en la Cuenca del Aranjuez.

La finca “La Constancia”, de propiedad de Reynaldo Mairena Ubeda, hace una cultivación del cafetal de bajo insumo, la hacienda tiene una superficie de 3,5 hectáreas (5 manzana), cuyas 2,8 hectáreas (4 manzana) en café, compartido entre 1,6 ha (2,25 manzana) en variedad Catimor y 1,2 ha (1,75 manzana) en variedad Caturro. La sombra está constituida por árboles de guaba, musáceas, cítricos dispersos y sombra de forestales nativos. La topografía y las características del suelo son los mismos de la finca “Los Pinos”.

El manejo de café convencional está ubicado en la finca “Los Flores”, de propiedad de Jesús Blandon Zamora; la superficie total es de 1,4 hectáreas (2 manzana), cultivadas solamente por café, 0,7 ha (1 manzana) variedad Catimor y 0,7 ha (1 manzana) variedad Caturro; la sombra está constituida por guaba, musáceas, cítricos dispersos y sombra de forestales nativos. La topografía es quebrada, pero con una pendiente del 10% y los suelos tienen una textura franco-arcilloso y un pH entre 5,5- 6,5.

El proyecto de “Fortalecimiento Socioeconómico de las Cooperativas de Pequeños Productores Cafetaleros del Municipio de Santa María de Pantasma, Jinotega, Nicaragua”, surge en una de las zonas más pobre del País y sigue el objetivo específico de construir un modelo de desarrollo sostenible, fortaleciendo la base económica, productiva y organizativa de la población local.

Actualmente el manejo de los cafetales es tipo bajo insumo, con sombra de musáceas y frutales, porque ya existentes, pero hay productores que usan sombra permanente, con árboles de guaba y madero negro. Este último caso es típico, mayormente, de los mediano- grande productores, ya que tienen más recursos económicos de invertir en la finca.

## **7.1 Análisis de calidad física y organoléptica**

El resultado del análisis, física y organoléptica de la cosecha 2004/2005 de la “Cooperativa la Solidaridad”, realizado por el laboratorio de CERCAFENIC se condensa en la tabla 7.1 (características físicas) y tabla 7.2 (características organolépticas).

**Tabla 7.1 - Características físicas de los granos de café en diferentes sistemas de manejo agronómicos en Matagalpa (Aranjuez). Cosecha 2004/2005.**

● Lote	ASPECTO FISICO				
	Humedad	Tamaño	Aspecto	Defecto	Tostado
Café convencional	9,37%	20 al 16 el 91,85% 15 y 14 el 8,15%	Bueno	24,20 defectos 7,60% *	Regular
* el porcentaje de defecto puede ser debido a granos quebrado por el trillo					
Café bajo insumo	11,37%	20 al 16 el 96,45% 15 y 14 el 3,55%	Pálido Disparejo	7,80 defectos 3,10%	Regular
Café orgánico	12,17%	20 al 16 el 92,30% 15 y 14 el 7,17%	Regular	7,60 defectos 3,05%	Bueno Regular

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

**Tabla 7.2 - Características organolépticas de la taza de café en diferentes sistemas de manejo agronómico en Matagalpa (Aranjuez). Cosecha 2004/2005.**

Lote	GUSTO EN LA TAZA					Tipo	Calidad	MERCADO
	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza			
Café convencional	Bueno	Regular	Bueno Regular	Regular	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	B = Convencional
Café bajo insumo	Muy Bueno	Regular	Muy Bueno	Regular	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	B = Convencional
Café orgánico	Bueno	Buena	Bueno	Bueno	OK	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	A = Especial

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos CERCAFENIC.

Los tres cafeto fueron clasificados como SHG, calidad “Café Lavado Matagalpa/Jinotega”, pero el café orgánico obtuvo un mercado, para su comercialización, de tipo “A”, que significa mercado especial, exigente, donde se puede lograr a precios más alto. Este resultado debe ser debido por un carácter de taza más balanceado en comparación a los demás, como sale por la tabla 7.2 el cafeto orgánico muestra una regularidad en las características que falta en las otras dos tazas, obteniendo siempre resultados “Bueno”.

A nivel de componentes físicos, el café de bajo insumo mostró el tamaño más importante, pero también el peor aspecto del grano oro y del tostado entre los tres. En cambio las otras dos tipologías de manejo tuvieron aproximadamente los mismos resultados, sea como tamaño del grano, sea como aspecto y apariencia del tostado, la única diferencia significativa se encontró a nivel de defectos, pero el número de falla en café convencional, se piensa fue debido al proceso de trillado.

Los análisis de las muestras de la cosecha 2004/2005 de la “Cooperativas de Pequeños Productores Cafetaleros del Municipio de Santa María de Pantasma”, fueron ejecutados por el Laboratorio de Catación SOLCAFE CECOCAFEN (Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte, Matagalpa).

La metodología empleada se basa sobre el “Formulario Internacional de Catación” (el sistema fue desarrollado por el Comité de Estándares Técnicos de la Asociación de Cafés Especiales de América, SCAA), donde la apariencia física es evaluada como en las muestras sobresalientes; la característica de la taza reciben un puntaje, que está basado en una escala en la cual los cafés especiales han un puntaje arriba de 8,0. Los dictámenes evaluados son los siguientes: fragancia y aroma, acidez, cuerpo, sabor, sabor residual y balance. A cada variable le se asigna un puntaje entre 0 y 10, solamente el balance, o sea la combinación de todos los aspectos, oscila entre -5 y +5.

Para calcular el valor final se tiene que agregar los puntos de todas las categorías y dividir el puntaje total entre 5.

**Tabla 7.3** - Características físicas de los granos de café de seis diferentes muestras de la “Cooperativa Santa María de Pantasma” (Jinotega). Cosecha 2004/2005.

Lote	ASPECTO FISICO				
	Humedad	Tamaño	Aspecto	Defecto	Tostado
Muestra 1	11,40%	20 al 16 el 91,10% 15 y 14 el 8,9%	Verde Parejo	1,50%	Medio Homogeneo
Muestra 2	11,40%	20 al 16 el 91,11% 15 y 14 el 8,89%	Verde Parejo	1,50%	Medio Homogeneo
Muestra 3	11,40%	20 al 16 el 92,13% 15 y 14 el 7,87%	Verde Parejo	1,50%	Medio Homogeneo
Muestra 4	11,40%	20 al 16 el 92,13% 15 y 14 el 7,87%	Verde Parejo	1,50%	Medio Homogeneo
Muestra 5	11,40%	20 al 16 el 91,89% 15 y 14 el 8,16%	Verde Parejo	1,55%	Medio Homogeneo
Muestra 6	11,40%	20 al 16 el 91,89% 15 y 14 el 8,16%	Verde Parejo	1,55%	Medio Homogeneo

Fuente: nuestras elaboraciones sobre datos SOLCAFE CECOCAFEN.

Las seis muestras presentaron una elevada homogeneidad, sea como aspecto físico que como calidad organoléptica; como se puede observar en la tabla 7.3 y 7.4. Los granos de tamaño mayor se quedan entre el 91%- 92%, con un aspecto bueno (verde parejo). Los defectos obtuvieron el porcentaje menor en comparación a los otros sistemas, dado que valores bajo se rescontraron solamente en el café orgánico de la “Cooperativa la Solidaridad” y en el manejo a pleno sol con fertilizante (CSolF).

Desde un punto de vista organoléptico (tabla 7.4) las seis muestras se clasificaron como de tipo SHG (Café Lavado Matagalpa/Jinotega) y obtuvieron un puntaje total entre 83 y 84, logrando a nivel de taza el grado “Muy Bueno”, pues limpia de daño; el producto es para un mercado de exportación, por eso que se puede considerarlo en un mercado de tipo A, o sea especial.

Lo mismo resultados se tuvieron en el último ciclo cafetalero de la tres parcelas experimentales en Carazo y en el caso de la “Cooperativa la Solidaridad”. No obstante se puede señalar que el manejo orgánico y luego el manejo bajo insumo, mostró siempre una calidad ligeramente mejor, sea a nivel de simple dictamen que a nivel general, con una taza más balanceada.

**Tabla 7.4** - Características organolépticas de los granos de café de seis diferentes muestras de la “Cooperativa Santa Maria de Pantasma” (Jinotega). Cosecha 2004/2005.

Lote	GUSTO EN LA TAZA							Tipo
	Fragancia/ Aroma	Acidez	Cuerpo	Sabor	Sabor residual	Balance	TAZA	
Muestra 1	Muy Bueno	Regular	Regular	Regular Bueno	Regular Bueno	Bueno	Muy Bueno	SHG
Muestra 2	Muy Bueno	Regular	Regular	Regular Bueno	Regular Bueno	Bueno	Muy Bueno	SHG
Muestra 3	Muy Bueno	Regular	Regular Bueno	Regular Bueno	Regular Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	SHG
Muestra 4	Muy Bueno	Regular	Regular Bueno	Regular Bueno	Regular Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	SHG
Muestra 5	Muy Bueno	Regular	Regular	Regular Bueno	Regular Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	SHG
Muestra 6	Muy Bueno	Regular	Regular	Regular Bueno	Regular Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	SHG

Fuente: muestras elaboraciones sobre datos SOLCAFE CECOCAFEN.

Se puede afirmar que el último ciclo cafetalero, independientemente del número de la cosecha, todos los tratamientos investigado obtuvieron la misma clasificación, SHG Café Lavado Matagalpa/Jinotega; sin embargo los cafetales orgánico y a bajo insumo presentaron resultados mejores, sobretodo como dictámenes de taza y como equilibrio de la misma, logrando la posibilidad de ser comercializados en mercados más rico, como el Especial (Estados Unidos, Europa y Japón).

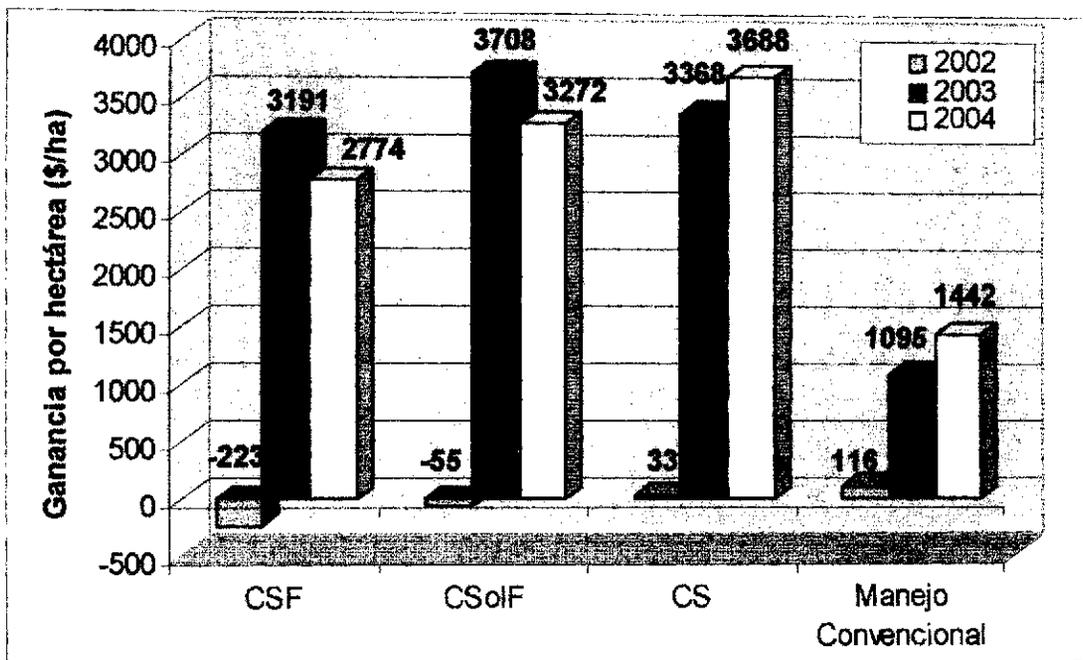
## **7.2 Análisis de los costos de producción en diferentes tipologías de manejo agronómico**

Los análisis de los costos de mantenimiento de las tres parcelas experimentales, densidad de 5000 plantas por hectárea mostraron que el primer año de investigación, comportara ganancias negativas o muy bajas en los tres tratamientos (gráfico 7.1), por el hecho que los plantíos estaban en su primera producción; ya que en los siguientes dos años los rendimientos subieron y con eso las ganancias logrando y adelantando, en el 2003 por el café bajo sombra con fertilización (CSF) y en el 2003 y 2004 por los otros tratamientos (CSolF y CS), los 3000- 3500 \$ ha<sup>-1</sup>.

Sin embargo el manejo agronómico convencional que se aplica a toda la Finca “San Francisco” y que corresponde al de la parcela con sombra y fertilización química (CSF), presenta los rendimientos más bajo, dado que el rendimiento de una hectárea de café ofrece un promedio de 1050 Kg oro. En el mismo tiempo es bueno evidenciar que la edades de las plantaciones son diferentes, siendo los tres ensayo en los primeros años y obteniendo un cuidado mayor, por la razón de ser un estudio; los cafetales convencionales, en cambio, presentan plantas jóvenes y envejecida, que ya sufren los síntomas del agotamiento.

Pues, actualmente el sistema a pleno sol con fertilización (CSolF) y el con sombra sin fertilización (CS) son los dos que respondieron más, del punto di vista económico, a los tratamientos; pero la cuestión seria evaluar que mantengan estas ganancia en el curso de los años

**Gráfico 7.1 - Ganancia por hectárea (\$ ha<sup>-1</sup>) de las tres parcelas experimentales y manejo agronómico convencional de la Finca "San Francisco", San Marcos Carazo.**



Fuente: nuestras elaboraciones.

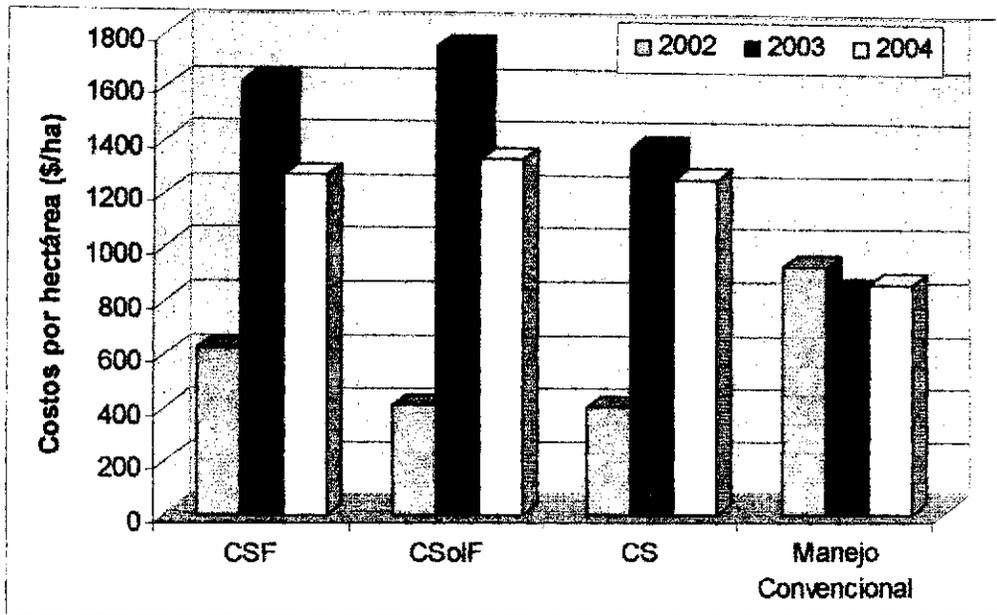
El hecho de practicar el mismo manejo agronómico, sin la aplicación de fertilizantes químicos en una de las tres parcelas, comporta que los costos de mantenimiento sean mayores en los lotes abonados (gráfico 7.2); pero eso incremento no fue balanceado por una mayor ganancia de las mismas, porque el café sin fertilización presentó en el primero y último ciclo cafetalero las mayores producciones por hectárea.

Como se puede observar en el gráfico, el manejo convencional aplicado en la Finca es lo que generalmente presente los costos menores; dado que los gastos menores, que inciden sobre el total se deben a los procesos post- cosecha, donde el avalúo del costo depende de la cantidad de producción, en grano uva o en grano oro.

A nivel de costo de producción de un kilogramo de café oro, las dos parcelas experimentales son la que presentaron los valores más alto, sobre todo en el primero ciclo cafetalero, logrando los 1,6 \$ Kg<sup>-1</sup> oro (CSF) y 1,2 \$ Kg<sup>-1</sup> oro (CSof). Resultados que bajaron en los otros dos años, alcanzando los costos del café con sola sombra, alrededor de los 0,5- 0,6 \$ Kg<sup>-1</sup> oro.

El manejo convencional presentó valores más constante, típico de un plantío establecido, que oscilaron entre los 0,8- 0,9 \$ Kg<sup>-1</sup> oro.

**Gráfico 7.2 - Costos por hectárea ( $\$ \text{ha}^{-1}$ ) de las tres parcelas experimentales y manejo agronómico convencional de la Finca “San Francisco”, San Marcos Carazo.**



Fuente: muestras elaboraciones.

En el mismo tiempo no tuvieron diferencias de precio entre los diferentes tratamientos, por eso el rubro fue vendido a la misma cotización, por la razón que la sola omisión de fertilización química no permite de clasificar el café como orgánico y brindar así un precio de comercialización mayor. Los precios de venta pasaron de 1  $\$ \text{Kg}^{-1}$  oro del año 2003 a 2,2  $\$ \text{Kg}^{-1}$  oro del último ciclo 2004/2005, logrando los 1,85  $\$ \text{Kg}^{-1}$  oro en el 2004.

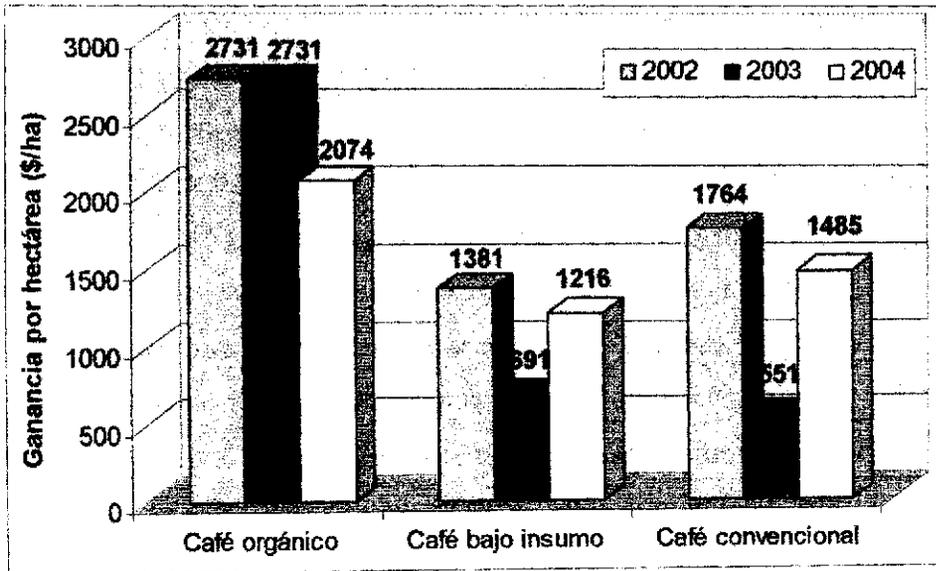
Sin embargo la fertilización química podría ayudar a mantener constante los rendimientos del cafeto por más años, evitando un agotamiento rápido de la cultura, ya que la variedad Costa Rica 95, como evidenciaron los estudios en el CATIE, necesita una fuerte fertilización, si no se agota a partir del tercer año de producción. Seguramente se puede afirmar que el café bajo sombra sin fertilización (CS) gozó, en manera optima, de los elementos nutritivos generado por la descomposición de ramas y hojas de la poda del madero negro.

Los análisis económicos mostraron, en el caso de la “Cooperativa la Solidaridad” donde los cafetales presentan un promedio de 4300 plantas por hectárea, que el café orgánico brindó los mejores resultados, ofreciendo, cada año, unas ganancias por hectárea superior a los otros tratamientos (gráfico 7.3). Las razones se encuentran en tres factores principales:

- Un precio de mercado más alto y constante en el curso de los años.
- Una incidencia menor de los costos de producción a nivel de parcela.

- Un rendimiento constante en los años, que está meno afectado por el fenómeno de la bianualidad.

**Gráfico 7.3 - Ganancia por hectárea (\$ ha<sup>-1</sup>) de tres diferentes tipología de manejo del cafeto de la “Cooperativa la Solidaridad”.**



Fuente: nuestras elaboraciones.

La situación internacional del mercado del café, luego la profunda crisis del año 2001 (¿Taza de la Excelencia, comercio justo, café orgánico?, 2004), donde se produjo pánico y un aumento considerable en el desempleo rural; logró en los último ciclo cafetaleros niveles de precios mejores, sobre todo en el ámbito del mercado justo, que fue una opción muy efectiva para aumentar las ganancias de los productores, notablemente los pequeños.

El café orgánico obtuvo un precio constante de 3 \$ Kg<sup>-1</sup> oro, a diferencia de los otros dos sistemas que pasaron de 1,7 \$ Kg<sup>-1</sup> oro del ciclo 2002/2003 a 1,4 \$ Kg<sup>-1</sup> oro del 2003/2004, para alcanzar 1,95 \$ Kg<sup>-1</sup> oro en el último ciclo cafetalero.

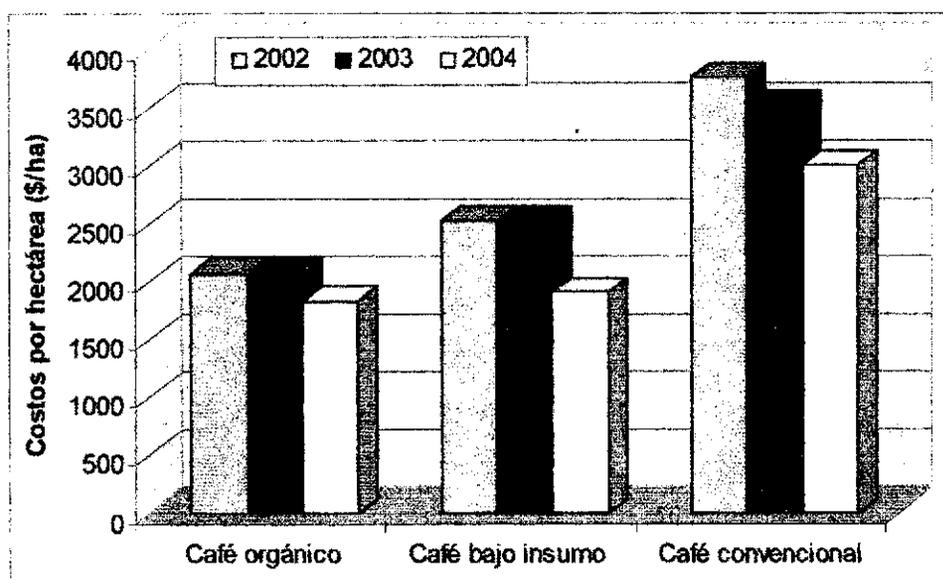
Esta ventaja fue acompañada, en el mismo tiempo por rendimientos que se mantuvieron en el curso de los años entre los 1300- 1600 Kg oro ha<sup>-1</sup>; factor que faltó en el caso del tratamiento bajo insumo y convencional, donde, por la bianualidad que caracteriza el café y factores de manejo agronómico (poda de recepa y envejecimiento/agotamiento del plantío) los rendimientos mostraron un porte oscilante. El caso del cafeto de bajo insumo tuvo producciones que variaron entre los 2300 Kg oro ha<sup>-1</sup> (2002/2003) y 1600 Kg oro ha<sup>-1</sup> (2004/2005); el café

convencional mostró las variaciones más amplia, pasando de unos 3250 Kg oro ha<sup>-1</sup> del ciclo 2002/2003 a 2000 Kg oro ha<sup>-1</sup> de la última cosecha.

ANACAFE (1999) afirma que la caficultura orgánica es el sistema de producción que se basa en la conservación y mejoramiento de la fertilidad de l suelo, el uso apropiado de la energía y el estímulo a la biodiversidad vegetal y animal. Por eso, el uso constante de abonos no químico, el manejo adecuado de ramas y follaje de la poda, el control apropiado de malezas, permite de conservar en el suelo una capa de materia orgánica que disminuye, en parte, el efecto de la bianualidad.

Los costos presentaron los resultados más alto, como \$ por Kg oro, en el manejo orgánico, con un promedio de 1,3 \$ Kg oro<sup>-1</sup> seguido por el café convencional con 1,3 \$ Kg oro<sup>-1</sup> y por el café bajo insumo con un promedio de 1,1 \$ Kg oro<sup>-1</sup>. No obstante, evaluando los datos por hectárea (gráfico 7.4) se evidenció que el café convencional presenta los gastos mayores, debido a la incidencia de los agroquímicos empleado en la manejo de malezas, plagas y enfermedades y en la fertilización. En cambio el cafeto orgánico emplea productos que son realizados y procesados en la misma finca, y por eso tienen precios menores, aunque su valores, podría ser, subestimado por el mismo agricultor.

**Gráfico 7.4-** Costos por hectárea (\$ ha<sup>-1</sup>) de tres diferentes tipología de manejo del cafeto de la “Cooperativa la Solidaridad”.



Fuente: nuestras elaboraciones.

Por fin se puede afirmar que el manejo bajo insumo, en las zonas Norte del País, es lo que presenta más riesgos, confirmado por los técnicos de la Cooperativa, por que presenta perspectivas de precio igual al café convencional y sufre la alternancia en los rendimientos, con el riesgo de no alcanzar una renta suficiente en los años donde se presentan crisis de los precios y bajas producciones. Situación a la cual es muy sensible, también, el cafeto convencional, que en cambio logra a provechos más fuerte en los ciclos donde hay o precios adecuado o buenos rendimientos; hechos que pueden permitir de ahorrar y superar las perdidas de los malos años.

Actualmente el café orgánico es lo que ofrece las mayores garantías, pero en cualquier caso hay que actuar rápido, porque el mercado tiene sus límites, sus lógicas y sus tendencias, por eso la batalla que se libran en la actualidad están centradas en la búsqueda de nuevos nichos de mercado ofreciendo productos no estandarizados: saludables y que protegen el medio ambiente, solidarios con lo más vulnerables (pequeños productores) y productos de calidad.

Se puede afirmar que el café orgánico es lo que permite de conseguir precios de venta más constante y seguro cada año, pero en el mismo tiempo es lo que presenta costos de producción por kilogramo de grano oro más alto en comparación a los otros sistemas evaluados. En el Norte del País los rendimientos son ligeramente mayores del Pacífico Sur, sin poner atención a las tres parcelas experimentales, porque son un caso particular y no bien establecido, ya que llevan solamente tres años de estudio. Eso ayuda a comprender las razones porque las crisis cafetaleras de los últimos años haya afectado sobre todo el Sur y los pequeños productores, quien tienen que enfrentarse con rendimiento más bajo y variable según los años y con costos altos, notablemente por el uso de agroquímicos.

## 8. Conclusiones

Desde los análisis de las tres parcelas experimentales se puede afirmar que, generalmente, los sistemas que obtuvieron una mejor respuesta en términos de estructura de crecimiento, estructura productiva, de acumulación de biomasa seca y nitrógeno, fueron los cafetos bajo sombra con fertilización (CSF) y a pleno sol (CSolF):

- El café con sombra y fertilizante químico presentó el mayor crecimiento en altura, proyección de copa, número de ramas primarias y secundarias totales y número de ramas primarias y secundaria productiva.
- El café a pleno sol con fertilización tuvo el mayor crecimiento en diámetro del tallo, el mayor número de ramas terciarias totales y productivas, pero presentó, también, la mayor cantidad de ramas primarias agotadas y muertas.
- El desarrollo vegetativo en altura está relacionado a un adecuado crecimiento en diámetro e influye sobre el número de nudos y de ramas totales y productivas. Asimismo existe correlación entre el número de ramas totales y el futuro desarrollo en ramas productivas.
- La proyección de la copa no depende de la cantidad de ramas o por porte en altura que la planta alcanza; sin embargo se puede afirmar que depende de la disposición espacial que las bandolas y palmillas llegan a asumir.
- El rendimiento fue por dos veces superior en el tratamiento bajo sombra sin fertilización (CS) y con menores oscilaciones entre los años; pero el ciclo cafetalero mostró el mismo recorrido entre las tres parcelas.
- Independientemente del sistema de manejo el órgano de la planta que acumuló, en porcentaje, más biomasa seca y nitrógeno fueron las hojas; el que acumuló menos biomasa seca fueron los frutos y menos nitrógeno fue el tallo.
- Diferencias significativas en el contenido de biomasa seca y acumulación de nitrógeno se encontraron entre los dos sistemas abonados en comparación con el sistema sin fertilización y solamente en los últimos meses de la investigación.
- La mayor acumulación de biomasa seca y de nitrógeno no está directamente involucrada a una mayor productividad del plantío, seguramente ayuda en un crecimiento más homogéneo de la planta, que puede tener efectos positivos a largo plazo, como: larga duración de vida de la planta y menores estreses.

Se puede afirmar que el muestreo empezó con una población homogénea y que solo el desarrollo vegetativo con las prácticas agronómicas, influyeron en las diferencias que los cafetos comenzaron a mostrar, notablemente, en los tres avalúos del año 2004, junio, septiembre y diciembre.

Por esos datos se señala que la fertilización química tuvo un efecto positivo en el desarrollo de las plantas de café, pero no tuvo efectos sobre el nivel productivo, eso confirma que el fertilizante es primordial para mantener el ritmo de crecimiento. Se puede afirmar que los nutrientes minerales aportados por los fertilizantes fueron bien absorbidos, entonces podría ser que no hay acumulación de nitrógeno en el suelo, con el instaurarse de procesos de oxidación o reducción de lo mismo en nitratos y nitritos, que comportarían problemas de contaminación del suelo y de las aguas, por sus lixiviaciones.

Los análisis de calidad permiten de afirmar:

- A nivel de calidad física el manejo que presentó unas respuestas sensiblemente mejor, sea como tamaño, porcentaje de defectos, aspecto de los granos y del tostado, fue el café a pleno sol con fertilización (CSOLF).
- El gusto de la taza obtuvo resultados más significativo en tratamiento con sombra y fertilización, dando una taza más balanceada y limpia de daños. Pero los tres café alcanzaron la misma clasificación y mostraron café de buena calidad, para un mercado meno exigente.
- El número de cosecha influye en las características física y dictamen de taza, dado que las recogidas de los meses de noviembre, diciembre y enero, además de ser las más productivas, son la que dieron los mejores resultados.
- A nivel general, el último ciclo cafetalero, la mejor calidad del café se encuentra en los tratamientos del Norte, Matagalpa e Jinotega, sobretodo porque hay condiciones climáticas más favorables para el plantío.

Los análisis de los costos de mantenimiento de los diferentes sistemas evaluados permiten de señalar:

- El café orgánico presenta los rendimientos más constante cada año, pero también los mayores costos por kilogramo de café oro producido.
- Los sistemas del Norte presenta mejores ganancias, no obstante sufren más la variabilidad de los precios y producción en comparación con el manejo convencional de la Finca “San Francisco”.

## 9. Recomendaciones

En seguida se reponen las recomendaciones afirmada en los trabajo antecedentes por Castro y Díaz (2004) y Balladaresvaldiva y Calero (2005), porque involucradas con los objetivos de este estudio.

➤ Realizar investigaciones similares tomando en cuenta otras variables como área foliar, radiación fotosintética activa (RAFA), número de nudos productivos en las ramas, número de frutos por nudo productivo y relacionarlas con la ecofisiología y rendimiento de la planta.

➤ Realizar estudios para determinar la respuesta productiva y cualitativa del café en otros ambientes, aconsejando Matagalpa e Jinotega, con variedades y sistemas de manejos diferentes donde se cultiva café en Nicaragua.

➤ Estudiar el efecto de la distancia entre el árbol de sombra y el cafeto, y los porcentajes de sombra para determinar si existe efecto sobre el rendimiento y la calidad del café.

➤ Adicionar los resultados obtenidos, con los trabajos de descomposición de hojarasca y lixiviación de nitratos que realizan estudiantes de la UNA para verlo como un sistema completo y compararlos con las investigaciones similares que se ejecutan en Guatemala con *Inga spp.* y en Costa Rica con *Erythrina poeppigiana*.

Con los resultados obtenidos se pueden añadir las siguientes.

➤ Continuar con esta investigación para proponer un sistema de manejo ya que se debe tomar en cuenta la bianualidad del café e insertar el manejo orgánico del cafeto, para destacar su respuesta, dado que, actualmente, es el rubro en el mercado cafetalero con mayor éxito a nivel mundial, sobre todo en Estados Unidos, Europa y Japón.

➤ 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.

- Ampliar las observaciones económicas a nivel de finca, para enfocarse en la rentabilidad, o sea el índice que caracteriza plenamente la eficacia de la producción.
  
- 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.

## 10. Bibliografía

- Aguilar, C. A. 2000. "Evaluación de Sistemas Agroforestales con café asociados con *Eucalyptus degkupta* o *Terminalia ivorensis* e implicaciones metodológicas". Tesis Mag. Sc Turrialba, CR, CATIE, pp.73.
- Aguilar, G. 1995. "Variedad Costa Rica 95". ICAFE. 1ra Edición. San José, Costa Rica, pp. 30.
- Aguilar, B. V. 1993. "Effects of soil cover and weed management in a coffee plantation in Nicaragua". Tesis Mag. Sc. Uppasala, SE, SLU, pp. 55.
- Alvim, P de T. 1962. *Fisiología del Cafeto*". Vida Agrícola. Perú V. 39, 633- 647.
- Alpizar, L, San José 1998. "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. Costa Rica, 55- 82.
- ANACAFE, 1999. "Manual de caficultora orgánica". Guatemala, pp. 159.
- Arias, M. O. 1982. "Algunos aspectos sobre fisiología de crecimiento y desarrollo del cafeto. En: Curso de Caficultora para técnicos". ANACAFE, CATIE. Guatemala, 66- 79.
- Arias, S. G, Arias, M. O, Gutiérrez, Z. G, 1976. "Relaciones entre las características morfológicas y la producción en cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.)". MAG- UCR. Costa Rica, pp. 2.
- Bertrand, B; G. Aguilar; R. Santacreo; F. Anzuelo. San José 1999. "El mejoramiento genético en América Central. En. Bertrand, B; Rapidel, B. Eds. Desafíos de la Caficultura en Centroamérica". Costa Rica. CIRAD, IICA. 407-456 p.
- Balladaresvaldiva, D. D. y Calero, M. J. M, Managua 2005. "Efecto de la sombra y fertilización sobre el crecimiento, estructura productiva, rendimiento y calidad del café (*Coffea arabica* L.)

- vr. *Costa Rica 95*". Asesor: Dr. Victor Aguilar Bustamante. Nicaragua, UNA, Facultad de Agronomía.
- Carell, M. L. y Fahl, J. I, 2000. "*Crecimiento y asimilación de carbono y nitrógeno en plantas jóvenes de Coffea en condiciones de sol y sombra. En: XIX Simposio Latinoamericano de Caficultora*". Costa rica, 101- 108.
- Carvajal, J. F. 1984. "*Cafeto- Cultivo y Fertilización*". Instituto Internacional de la Potasa. 2da. Edición. Berna, Suiza, pp. 254.
- Castro Brenes J. E. y Díaz Valle D. C., Managua 2004. Trabajo de diploma "*Evaluación de tres sistemas de manejo sobre el crecimiento, estructura productiva y calidad del café (Coffea arabica L.) Vr. Costa rica 95*". Asesores: Dr. Victor Aguilar Bustamante y Ing. M. Sc. Leonardo García Centeno. Nicaragua, UNA, Facultad de Agronomía.
- CASCA, Noviembre 2003- Octubre 2004. "*Sustainability of Coffee Agroforestry System in Central America: coffe quality and environmental impacts*". General Report, Third Project year. Dr. Philippe Vaast (CIRAD), Coordinator.
- CATIE, Turrialba 2002. Enlace "*Produciendo café de calidad*". Costa Rica, pp. 108.
- Coste, R, San José 1969. "*El café*". Primera Edición. Costa Rica, pp. 285.
- Cumba, B. N, La Habana 1987. "*Sombra para Cafeto*". CIDA. Agrotécnica de Cuba: Café y cacao 6. Cuba, pp.37.
- Falguni Guharay, Julio Monterrey, David Monterroso, Charles Staver, Managua 2000. "*Manejo integrado de plagas en el cultivo del café*". CATIE, Nicaragua, 13- 42.
- Fernández, C, E. y Muschler, R. G, San José 1999. "*Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivos de café en América Central. En: Bertrand, B; Rapidez, B. (Eds). Desafíos de la Caficultora en Centroamérica*". CIRAD, IICA. Costa Rica, 69- 96.

- Finca San Francisco, Carazo 2002. *“Plan de manejo agronómico del Cultivo del café”*. Nicaragua, pp.15.
- Fourmer, L. A, San José 1988a. *“Fundamentos ecomorfofisiológicos de importancia en la nutrición mineral del cafeto. En: Curso Regional sobre nutrición mineral del café”*. IICA/PROMECAFE. Costa Rica, 1- 23.
- Fournier, L. A, 1988b. *“El cultivo del cafeto (Coffea arabica L.) al sol o la sombra: Un enfoque agronómico y ecofisiológico”*. Agronomía Costarricense, 12 (1): 131- 146.
- Guevara, B. E, San José1988. *“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. Costa Rica, 1- 23.
- Heano, J. J, Caracas 1982. *“EL café en Venezuela”*. Universidad Central de Venezuela. 1ra Edición. Venezuela, pp. 288.
- ISIC (Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café), 1997. *“Manual Técnico del Cultivo del Café en El Salvador”*. Fondo Especial de Desarrollo. Nicaragua, pp. 201.
- Katzeff, P, 2001. *“The coffee cuppers’ manifesto. First edition”*. Thanksgiving coffee company. California, USA, pp. 84.
- Laboratorio de Suelos y Aguas, Managua 2002. *“Análisis físico y químico de suelos”*. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua, pp.2.
- Latino, R. C. y Pedro Ortiz Meneses, Managua 2003. Trabajo de diploma *“Tipologías y manejo de fincas cafetaleras en los municipios El Tuma- La Dalia y Rancho Grande del Departamento de Matagalpa”*. Asesores: M. Sc. Glenda Bonilla, Dr. Emilio Pérez y Dr. Eduardo Somarriba. Nicaragua, UNA, Facultad de recursos naturales y del Ambiente, pp. 69.
- López, A. M. S. y Luis Alberto Orozco Aguilar, Managua 2003. Trabajo de diploma *“Tipologías y manejo de fincas cafetaleras en los municipios de San Ramón y Matagalpa”*. Asesores: M. Sc.

Glenda Bonilla, Ph. D. Eduardo Somarriba y Ph. D. Emilio Pérez. Nicaragua, UNA, Facultad de recursos naturales y del Ambiente, pp. 87.

Marcenado, I. H. S, 1991. *“Zonificación agro ecología para el cultivo de café (Coffea arabica L.) en Nicaragua”*. CATIE.

Mentor. *“Enciclopedia de ciencias sociales”*. Ed. Océano, *“Nicaragua”*.

Mejía, A. E. y Gabriel Robles. *“La calidad del café fisiología de los cultivos”*. Profesor Marco V.Gutierrez. CATIE.

MIFIC (Ministerio de Fomento Industria y Comercio), Managua 1999. *“Norma técnica de café verde: Clasificación de calidades, determinación de materias extrañas y defectos”*. MIFIC, Nicaragua, pp. 15.

Moreno, J. L. y Miguel Ángel Altieri, Madrid 2001. *“Agroecología y desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agrosistemas mediterráneos”*. MP, 1, 21- 48.

Murria R.Spiegel, 1991. *“Estadística, segunda edición”*. Mc Graw Hill, cap. 10, 11, 14, 15.

Muscheler, R. G, 1999. *“Sombra o Sol para un café sostenible. Un enfoque de una vieja discusión”*. Boletín PROMECAFE 81, 14- 16.

Navarro, M. B, Managua 1983. *Cultivos industriales: café, caña de azúcar, tabaco, cacao”*. Universidad Nacional autónoma de Nicaragua. Nicaragua Libre, 2, 1- 7, 3, 1- 7, 4, 1- 5.

Moreno, C. N. M, Calderon, C. G. A, Managua 2000. *“Evaluación ex ante en los sistemas café con sombra y barreras vivas en la Subcuenca del Rio Calico, San Dionisio, Matagalpa”*. Asesor: M. Sc. Benigno González Rivas, Coasesor: M.Sc. Javier Antonio Lopez. Nicaragua, pp. 72.

Nosti, N. J, La Habana 1970. *“Cacao y Café”*. Instituto del Libro. Cuba, pp.698.

Pohlan, Jurgen, Borgman, Jorg, Leyva Angel, 1995. *"Bainoa, un ejemplo para programas regionales de la agricultura sostenible en Centro América"*. Verlag Shaker, Agrarwissenschaft.

Proyecto Agros FAO. *"Sombra de café orgánico"* Serie *"Agricultura orgánica en Nicaragua"*. Nicaragua, pp. 24.

Muschler Reinhold G, Turrialba 1992. *"Módulo de Enseñanza Agroforestal, n.5: Árboles en Cafetales"*. CATIE/GTZ, Costa Rica, 7- 103.

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

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

Salina, J. C. M. y Pavón, S. G. A, Managua 2001. *"Estudio de la fenología de la planta de café para el buen manejo de la finca"*. Asesores: M.Sc. Moisés Blanco Navarro, Dr. Jeremy Hagggar, Ing. Agr. Pedro Maraga Quezada. Nicaragua.

Sampers, K. M, San José 1999. *"Trayectoria y viabilidad de las caficulturas centroamericanas. En: Bertrand, B; Rapidel, B. (Eds). Desafíos de la Caficultura en Centroamérica"*. CIRAD, IICA. Costa Rica, 1- 68.

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

Suárez de Castro, F, Montenegro, L, Aviles, C, Moreno, M. y Bolaños, M, Turrialba 1961. *"Efecto del sombrio en los primeros años de vida de un cafetal"*. Costa Rica, 3 (10): 81- 102.

UNICAFE- CERCAFENIC, Managua 2004. *"Análisis de aspectos físicos y organolépticos de granos de café"*. Nicaragua, pp.3.

UNICAFE, 1996. *“Manual de Caficultora de Nicaragua”*. I-II-III, 31- 50, VIII, 83- 88, X, 95- 110.

Vivas, V. E. A, Managua 1997. *“Fundamentos de economía agraria”*. Facultad de Educación a Distancia y Desarrollo Rural, Universidad Nacional Agraria (UNA). Nicaragua, pp. 58- 59.

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

Zelaya, U. J. y Sotelo, F. C, 2000. *Manejo de la fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del café (Coffea arabica L.) en dos años consecutivos (1988/1989)”*. Tesis Ing. Agrónomo. UNA- Nicaragua, pp. 50.

[www.catie.ac.cr](http://www.catie.ac.cr)

[www.casca.project.org](http://www.casca.project.org)

[www.selvanegra.com](http://www.selvanegra.com)

[www.infagro.com/herbaceas/industriales/café.asp](http://www.infagro.com/herbaceas/industriales/café.asp)

[www.oirsa.org/publicaciones](http://www.oirsa.org/publicaciones)

[www.inec.gob.ni](http://www.inec.gob.ni)

[www.envio.org.ni/articulo/2470](http://www.envio.org.ni/articulo/2470): ¿Taza de la Excelencia, comercio justo, café orgánico?

[www.gvc-italia.org](http://www.gvc-italia.org)

[www.cric.it](http://www.cric.it)

[www.credomatic.com](http://www.credomatic.com)

[www.upd.oas.org/EOM/Nicaragua01](http://www.upd.oas.org/EOM/Nicaragua01)

[www.travel-guide.com](http://www.travel-guide.com)

<http://faostat.fao.org/faostat/>

## **11. ANEXOS**

## Anexo 1

# Análisis de correlación entre estructuras de crecimiento y productivas de la planta de café, ejecutado por MINITAB.

### Café bajo sombra y fertilización (CSF)

**Correlations: Altura, Diámetro, Copa, Nudos, NRPT, NRPP**

	Altura	Diámetro	Copa	Nudos	NRPT
Diámetro	0.980 0.000				
Copa	0.346 0.401	0.291 0.484			
Nudos	0.973 0.000	0.942 0.000	0.504 0.203		
NRPT	0.975 0.000	0.930 0.001	0.495 0.213	0.986 0.000	
NRPP	0.847 0.008	0.810 0.015	0.650 0.081	0.865 0.006	0.901 0.002

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

**Correlations: NRPT, NRST, NRTT, NRPP, NRSP, NRTP**

	NRPT	NRST	NRTT	NRPP	NRSP
NRST	0.978 0.000				
NRTT	0.913 0.002	0.916 0.001			
NRPP	0.901 0.002				
NRSP	0.867 0.005	0.841 0.009		0.959 0.000	
NRTP	0.716 0.046	0.637 0.089	0.499 0.208	0.739 0.036	0.605 0.112

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

**Correlations: Copa, NRT**

Pearson correlation of Copa and NRT = 0.373  
P-Value = 0.363

## Café a pleno sol y fertilización (CSolF)

### Correlations: Altura, Diámetro, Copa, Nudos, NRPT, NRPP

	Altura	Diámetro	Copa	Nudos	NRPT
Diámetro	0.936 0.001				
Copa	0.374 0.362	0.262 0.531			
Nudos	0.976 0.000	0.940 0.001	0.239 0.568		
NRPT	0.987 0.000	0.932 0.001	0.293 0.481	0.981 0.000	
NRPP	0.610 0.108	0.348 0.398	0.272 0.515	0.549 0.159	0.624 0.098

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

### Correlations: NRPT, NRST, NRTT, NRPP, NRSP, NRTP

	NRPT	NRST	NRTT	NRPP	NRSP
NRST	0.820 0.013				
NRTT	0.843 0.009	0.518 0.188			
NRPP	0.624 0.098				
NRSP	0.711 0.048	0.791 0.019		0.849 0.008	
NRTP	0.689 0.059	0.469 0.241	0.749 0.032	0.491 0.217	0.717 0.045

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

### Correlations: Copa, NRT

Pearson correlation of Copa and NRT = 0.456  
P-Value = 0.256

## Café bajo sombra y sin fertilización (CS)

**Correlations: Altura, Diámetro, Copa, Nudos, NRPT, NRPP**

	Altura	Diámetro	Copa	Nudos	NRPT
Diámetro	0.966 0.000				
Copa	0.229 0.586	0.126 0.766			
Nudos	0.952 0.000	0.987 0.000	0.072 0.866		
NRPT	0.956 0.000	0.983 0.000	0.052 0.903	0.973 0.000	
NRPP	0.817 0.013	0.772 0.025	0.113 0.790	0.777 0.023	0.851 0.007

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

**Correlations: NRPT, NRST, NRTT, NRPP, NRSP, NRTP**

	NRPT	NRST	NRTT	NRPP	NRSP
NRST	0.841 0.009				
NRTT	0.545 0.163	0.868 0.005			
NRPP	0.851 0.007				
NRSP	0.897 0.003	0.904 0.002		0.965 0.000	
NRTP	0.672 0.068	0.714 0.047	0.735 0.038	0.812 0.014	0.826 0.012

Cell Contents: Pearson correlation  
P-Value

**Correlations: Copa, NRT**

Pearson correlation of Copa and NRT = 0.193  
P-Value = 0.647

## Anexo 2

### **Análisis de correlación entre rendimiento, contenido de biomasa seca y acumulación de nitrógeno en la planta de café, ejecutado por MINITAB.**

#### **Correlations: Biomasa, Rendimiento**

Pearson correlation of Biomasa and Rendimiento = 0.598  
P-Value = 0.089

#### **Correlations: Nitrógeno, Rendimiento**

Pearson correlation of Nitrógeno and Rendimiento = 0.630  
P-Value = 0.069

#### **Correlations: Biomasa, Nitrógeno**

Pearson correlation of Biomasa and Nitrógeno = 0.994  
P-Value = 0.000

### Anexo 3

**Análisis estadísticos del contenido de biomasa seca, test "t de Student", ejecutado por SAS V.8 2002. Valores Pr > F.**

<b>Análisis estadístico teste "t Student" sobre el contenido de Biomasa seca.</b>							
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>MES</b>	<b>RAICES</b>	<b>TALLO</b>	<b>RAMAS</b>	<b>HOJAS</b>	<b>FRUTOS</b>	<b>TOTAL</b>
CSF vs CSolF		0.3511	0.5178	0.6768	0.7271	0.6073	0.9921
CSolF vs CS	Ago-02	0.0544	0.0904	0.5980	0.2698	0.5663	0.6932
CSF vs CS		<b>0.0068</b>	0.2769	0.9114	0.4441	0.9519	0.7005
CSF vs CSolF		0.7756	0.7199	0.1095	0.1529	0.9623	0.3858
CSolF vs CS	Dic-02	0.8041	0.5542	0.3593	0.3922	0.5246	0.4099
CSF vs CS		0.9704	0.8145	0.4713	0.5488	0.5105	0.9646
CSF vs CSolF		0.8743	0.8102	0.4112	0.1268	0.4584	0.7418
CSolF vs CS	Jun-03	0.4330	0.1087	0.9326	0.0574	<b>0.0191</b>	0.8791
CSF vs CS		0.5295	0.0686	0.3660	0.6792	0.0897	0.8589
CSF vs CSolF		0.6898	0.8838	0.7451	0.5461	0.2830	0.7777
CSolF vs CS	Sep-03	0.7060	0.5150	0.6810	0.3962	0.6165	0.8104
CSF vs CS		0.4400	0.4270	0.9312	0.8031	0.5592	0.9661
CSF vs CSolF		0.5735	0.8419	0.7804	0.2865	0.7310	0.5928
CSolF vs CS	Dic-03	<b>0.0329</b>	0.6306	<b>0.0385</b>	<b>0.0015</b>	0.3150	<b>0.0213</b>
CSF vs CS		0.1022	0.7777	0.0679	<b>0.0193</b>	0.5033	0.0658
CSF vs CSolF		0.4301	0.7477	0.7598	0.5026	0.1305	0.7882
CSolF vs CS	Jun-04	0.2259	0.5443	0.0618	0.5883	<b>0.0330</b>	0.2525
CSF vs CS		0.6539	0.3593	0.1068	0.8949	0.4537	0.3721
CSF vs CSolF		0.5153	<b>0.0291</b>	<b>0.0088</b>	0.6861	0.2881	0.1618
CSolF vs CS	Sep-04	0.7337	0.7612	0.6726	<b>0.0180</b>	0.5591	<b>0.0585</b>
CSF vs CS		0.7527	<b>0.0161</b>	<b>0.0037</b>	<b>0.0080</b>	0.6188	<b>0.0033</b>
CSF vs CSolF		0.1835	0.2354	0.2040	0.1678	0.6319	0.2679
CSolF vs CS	Dic-04	0.8961	0.9667	0.1026	<b>0.0496</b>	0.9212	0.2144
CSF vs CS		0.1482	0.2207	<b>0.0083</b>	<b>0.0029</b>	0.5645	<b>0.0286</b>

**grado de significatividad: 5%**

Análisis estadísticos de la acumulación de nitrógeno, test "t de Student", ejecutado por SAS V.8 2002. Valores Pr > F.

Análisis estadístico teste "t Student" sobre la acumulación de Nitrógeno.							
TRATAMIENTO	MES	RAÍCES	TALLO	RAMAS	HOJAS	FRUTOS	TOTAL
CSF vs CSolF		0.3339	0.5753	0.8778	0.5981	0.5835	0.7915
CSolF vs CS	Ago-02	0.0707	0.1153	0.7424	0.2912	0.4578	0.9480
CSF vs CS		<b>0.0085</b>	0.2952	0.8609	0.5899	0.8438	0.7419
CSF vs CSolF		0.7436	0.7861	0.1730	0.2069	0.9535	0.4158
CSolF vs CS	Dic-02	0.7066	0.6537	0.4706	0.3653	0.6422	0.4106
CSF vs CS		0.9635	0.8785	0.5035	0.7089	0.5986	0.9933
CSF vs CSolF		0.8408	0.8733	0.2841	0.0912	0.4363	0.4826
CSolF vs CS	Jun-03	0.3634	0.0831	0.9059	0.0636	<b>0.0129</b>	0.4354
CSF vs CS		0.476	0.0608	0.3384	0.8528	0.0691	0.9368
CSF vs CSolF		0.6574	0.8093	0.5610	0.4366	0.2672	0.6103
CSolF vs CS	Sep-03	0.8039	0.6096	0.5390	0.4245	0.5015	0.6880
CSF vs CS		0.4908	0.4541	0.9734	0.9832	0.6532	0.9133
CSF vs CSolF		0.5441	0.7798	0.5941	0.2162	0.7035	0.4659
CSolF vs CS	Dic-03	<b>0.0243</b>	0.5411	<b>0.0252</b>	<b>0.0017</b>	0.2413	<b>0.0096</b>
CSF vs CS		0.0850	0.7387	0.0762	<b>0.0317</b>	0.4214	<b>0.0480</b>
CSF vs CSolF		0.4139	0.6979	0.6219	0.4249	0.1246	0.5591
CSolF vs CS	Jun-04	0.1957	0.6161	<b>0.0472</b>	0.6136	<b>0.0255</b>	0.3372
CSF vs CS		0.6102	0.3796	0.1152	0.7637	0.3947	0.6970
CSF vs CSolF		0.5379	<b>0.0256</b>	<b>0.0129</b>	0.7844	0.2764	0.4296
CSolF vs CS	Sep-04	0.806	0.8473	0.5712	<b>0.0194</b>	0.4785	<b>0.0200</b>
CSF vs CS		0.7083	<b>0.0176</b>	<b>0.0041</b>	<b>0.0113</b>	0.6899	<b>0.0040</b>
CSF vs CSolF		0.1934	0.2122	0.2729	0.2073	0.6503	0.3697
CSolF vs CS	Dic-04	0.8193	0.9466	0.0792	0.0534	0.8220	<b>0.0359</b>
CSF vs CS		0.1328	0.2355	<b>0.0091</b>	<b>0.0041</b>	0.5004	<b>0.0059</b>
grado de significatividad: 5%							

#### **Anexo 4**

**Análisis físico y organoléptico ejecutado por el laboratorio CERCAFENIC.**

# CERTIFICACIÓN DEL CAFÉ DE NICARAGUA

**CERCAFENIC**

(Frente al Registro Público de la Propiedad - Managua)

**COSECHA DEL CICLO CAFETALERO: 2002/2003**

**PRE-ANÁLISIS**

**FINCA SAN FRANCISCO, SAN MARCOS CARAZO**

**Usuario: SRS. UNIVERSIDAD AGRARIA DIRECCION : MANAGUA**

**Fecha del Análisis: 2004/04/07**

ASPECTO FÍSICO										GUSTO EN LA TAZA					M E R C A D O			
Lote	Sacos	Tipo	Calidad	Altura	Humedad	Tamaño	Aspecto	Defecto	Tostado	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza	A	B	C	M
C3-T1	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	7.14%	20 al 16 el 85.59%	Imperfecto	23 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 al 13 el 14.41%	Blanqueado	10.33%	Disparejo									
C3-T2	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	6.74%	20 al 16 el 83.36%	Imperfecto	39 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 y 14 el 16.62%	Blanq. Dispar.	17.20%	Disparejo									
C3-T3	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	7.14%	20 al 16 el 79.30%	Regular Blanq.	37 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 y 14 el 20.30%	Disparejo	14.60%	Disparejo									
C4-T1	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	6.94%	20 al 16 el 87.54%	Regular	33.20 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	AG/Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 y 14 el 12.46%	Blanqueado	7.53%	Disparejo									
C4-T2	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	7.20%	20 al 16 el 88.76%	Regular Blan-	27.40 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 y 14 el 11.24%	queado Imperf	6.23%										
C4-T3	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	6.54%	20 al 16 el 86.24%	Regular Blan-	27.60 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 y 14 el 13.76%	queado Imperf	12.53%	Disparejo									
C5-T1	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	6.35%	20 al 16 el 75.30%	Regular Pálido	37 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 al 13 el 24.70%	Disparejo	12.35%										
C5-T2	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	6.94%	20 al 16 el 72.60%	Regular	53.80 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	V/Vº/1				X
2002			Imperfecto			15 y 14 el 27.40%	Disparejo	35.60%										
C5-T3	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	6.74%	20 al 16 el 63.72%	Regular Imperf	32.40 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Vº/0				X
2002			Imperfecto			15 al 13 el 36.28%	Disparejo	17.26%										

C= Cosecha	C1 - C7
	1= Sombra y fertilizante
T= Tratamiento	2= Sol y fertilizante
	3= Sombra sin fertilizante



		ASPECTO FISICO								GUSTO EN LA TAZA					MERCADO			
Lote	Sacos	Tipo	Calidad	Altura	Humedad	Tamaño	Aspecto	Defecto	Tostado	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza	A	B	C	M
C5-T1	S/N	6W	Café Lavado	450/750	8.14%	19 al 16 el 69%	Buena	16.6 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		
2003			Nicaragua			15 al 13 el 31%	Regular	4.30%										
C5-T2	S/N	6W	Café Lavado	450/750	8.14%	20 al 16 el 71.45 %	Buena Regular	28.60 defectos	Regular	Buena	Regular	Buena	Regular	OK		X		
2003			Nicaragua			15 al 13 el 28.55 %		6.95%		Regular		Regular						
C5-T3	S/N	6W	Café Lavado	450/750	7.94%	20 al 16 el 71.60%	Regular	20 defectos	Regular	Buena	Regular	Regular	Regular	OK		X		
2003			Nicaragua			15 al 13 el 28.40%	Disparejo	6%		Regular								
C6-T1	S/N	SH6	Café Lavado	800/1050	7.94%	19 al 16 el 82.25%	Buena	13.8 defectos	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena	OK		X		
2003			Matagalpa/Jinotega			15 al 13 el 17.75%	Regular	4.95%		Regular	Regular	Regular	Regular					
C6-T2	S/N	SH6	Café Lavado	800/1050	8.14%	19 al 16 el 80.22%	Buena	12.80 defectos	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	V/2				X
2003			Matagalpa/Jinotega			15 y 14 el 19.80%	Regular	3.90%	Regular	Regular								
C6-T3	S/N	SH6	Café Lavado	800/1050	7.94%	19 al 16 el 83.55%	Regular	10.8 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		
2003			Matagalpa/Jinotega			15 y 14 el 16.55%		3.40%										
C7-T1	S/N	IMPERF	Café Lavado	Variada	8.54%	19 al 16 el 79.55 %	Palido Disparejo	28.10 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	A6/V/2				X
2003			Imperfecto			15 y 14 el 20.45 %		9.20%										
C7-T2	S/N	SH6	Café Lavado	800/1050	8.34%	20 al 16 el 80%	Regular	18 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	V/V <sup>2</sup> /1				X
2003			Matagalpa/Jinotega			15 al 13 el 20%		6%										
C7-T3	S/N	SH6	Café Lavado	800/1050	8.34%	20 al 16 el 88.20 %	Regular	18.16 defectos	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	V <sup>2</sup> /Q/1				X
2003			Matagalpa/Jinotega			15 y 14 el 11.80%	Disparejo	6.55%	Disparejo									

C- cosecha	C1 - C7
T- Tratamiento	1= Sombra y fertilizante
	2= Sol y fertilizante
	3= Sombra sin fertilizante

**CERTIFICACIÓN DEL CAFÉ DE NICARAGUA**

**CERCAFENIC**

*(Frente al Registro Público de la Propiedad - Managua)*

**COSECHA DEL CICLO CAFETALERO: 2004/2005**

**PRE-ANÁLISIS**

**FINCA SAN FRANCISCO, SAN MARCOS CARAZO**

**Usuario: SRS. UNIVERSIDAD AGRARIA DIRECCION : MANAGUA**

**Fecha del Análisis: 2005/02/15**

**ASPECTO FÍSICO**

**GUSTO EN LA TAZA**

**MERCADO**

Lote	Sacos	Tipo	Calidad	Altura	Humedad	Tamaño	Aspecto	% Defecto	Tostado	Aroma	Acidez	Cuerpo	Licor	Taza	A	B	C	M
C5-T1 2004	S/N	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	S/N	9.97%	20 al 16 el 83.09% 15 y 14 el 16.91%	Regular	26 Defectos 4.96%	Regular	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		
C6-T1 2004	S/N	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	S/N	9.37%	20 al 16 el 81.89% 15 y 14 el 18.11%	Regular	16.80 Defectos 3.86%	Regular	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		
C5-T2 2004	S/N	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	S/N	10.97%	20 al 16 el 84.12% 15 al 13 el 15.88%	Regular	9.60 Defectos 1.16%	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		
C6-T2 2004	S/N	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	S/N	9.62%	20 al 16 el 85.95% 15 y 14 el 14.05%	Bueno Regular	7.80 Defectos 1.36%	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		
C5-T3 2004	S/N	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	S/N	9.62%	20 al 16 el 82.78% 15 y 14 el 17.22%	Regular	11.80 Defectos 2	Regular	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		
C6-T3 2004	S/N	SHG	Café Lavado Matagalpa/Jinotega	S/N	9.42%	20 al 16 el 83.69% 15 y 14 el 16.31%	Regular	14 Defectos 3.33%	Regular	Bueno Regular	Regular	Regular	Regular	OK		X		

C= Cosecha	C1 - C7
T= Tratamiento	1= Sombra y fertilizante
	2= Sol y fertilizante
	3= Sombra sin fertilizante

## Anexo 5

**Ejemplo de la ficha de los costos de mantenimiento y ganancia de una hectárea de café.**

<b>Mantenimiento de una plantación de café</b> .....(.... plantas/hectárea)						
Rendimiento	.... kilogramos oro/hectárea					
ACTIVIDADES AGRICOLAS	Fecha	Dias/hombre	Insumos	Precios insumos	Salario/días	Costos
			kg o l/ha	\$/kg o l	\$/días	\$
Poda de las plantas del café						
I aplicación de fertilizante						
I Desyerbe						
I Control de plagas y enfermedades						
II aplicación de fertilizante						
II Control de plagas y enfermedades						
Regulación de sombra						
II Desyerbe						
III aplicación de fertilizante						
III Control de plagas y enfermedades						
III Desyerbe						
Cosecha						
Beneficiado Húmedo						
Transporte						
Beneficiado seco y Exportación						
Tasa de interés (9%)						
<b>Costo total</b>						
Precio internacional del café oro						
					<b>Ganancia</b>	
<b>Financiación</b>						

## Anexo 6

### Listas de siglas y abreviaciones.

- ANAGAFE:** Asociación Nacional del café de Guatemala.
- BAC:** Banco de América Central.
- CASCA:** Sistemas Agroforestales de Café en América Central.
- CATIE:** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- CECOCAFEN:** Laboratorio de Catación de la Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte.
- CEH:** Centre for Ecology and Hydrology.
- CEPS:** Centro de Estudio y Promoción Social.
- CERCAFENIC:** Laboratorio de Certificación de Café Nicaragüense.
- CIRAD:** Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.
- CRIC:** Centro Regionale d'Intervento per la Cooperazione.
- CSF:** Café con sombra y fertilizante/fertilización.
- CSolF:** Café a pleno/puro sol con fertilizante/fertilización.
- CS:** Café con sombra sin fertilizante/fertilización. **FAGRO:** Facultad de Agronomía.
- FAO:** Food and Agriculture Organization.
- GVC:** Grupo de Voluntariado civil italiano.
- GW:** Good Washed.
- ICAFFE:** Instituto del café de Costa Rica.
- ISIC:** Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café.
- MAGFOR:** Ministerio de Agricultura Ganadería y Recursos Forestales.
- MIFIC:** Ministerio de Fomento Industria y Comercio.
- OIC:** Organización Internacional del Café.
- PIB:** Producto Interno Bruto.
- PROMECAFE:**
- SAS:** Statistical Analysis System.
- SCAA:** Comité de Estándares Técnicos de la Asociación de Cafés Especiales de América.
- SHG:** Strickly High Grown.
- UNA:** Universidad Nacional Agraria.
- UNICAFE:** Unión Nicaragüense de Cafetaleros.