

PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN SISTEMAS
AGROFORESTALES Y EN MONOCULTIVO

Trabajo de grado bajo la modalidad de Diplomado presentado como requisito
para optar al título de Ingeniero Agroforestal.

Presentado por:

JOSÉ MIGUEL FRANCO GÓNGORA
OMAR VICENTE REVELO CASTAÑEDA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
DIPLOMADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES COMO ALTERNATIVA
SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFES ESPECIALES
SAN JUAN DE PASTO
2011

PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN SISTEMAS
AGROFORESTALES Y EN MONOCULTIVO

Trabajo de grado bajo la modalidad de Diplomado presentado como requisito
para optar al título de Ingeniero Agroforestal.

Presentado por:

JOSÉ MIGUEL FRANCO GÓNGORA
OMAR VICENTE REVELO CASTAÑEDA

Presidente (a):

SANDRA PATRICIA QUIROZ RUIZ I.AF.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
DIPLOMADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES COMO ALTERNATIVA
SOSTENIBLE PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFES ESPECIALES
SAN JUAN DE PASTO
2011

“Las ideas y conclusiones aportadas en el artículo de grado son
responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1^o de acuerdo № 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el
Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño

Nota de aceptación

SANDRA QUIROZ RUIZ I.AF

Presidente

JAMES DEL CASTILLO I.A

Jurado Delegado

JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA I.A, Ph,D

Jurado

San Juan de Pasto, 17 de noviembre de 2011

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó una revisión sobre la productividad del café (*Coffea arábica*) en sistemas agroforestales y en monocultivo, posteriormente se hizo un análisis y discusión sobre cada tema relacionado con la productividad en ambos sistemas, además se inicia con una breve definición, origen e importancia de cada tema a tratar (Sistemas agroforestales, monocultivo y café (*C. arábica*)).

La productividad del cultivo de café se ve referenciada por las condiciones del suelo, su fertilidad, la luz, la humedad, la temperatura y las lluvias, asimismo de las interacciones y el manejo cuando es asociado o establecido bajo sistemas agroforestales o monocultivo.

Palabras claves: Productividad, sistemas agroforestales, monocultivo, café (*Coffea arabica*).

ABSTRACT

A review was realized about agroforestry systems and monoculture system of Coffee (*Coffea arabica*) productivity, and after, between systems was carried out an analysis and discussion about productivity, also a brief definition, origin and importance of each issue to be addressed (Agroforestry systems, monoculture and Coffee (*C. arabica*) is mentioned).

The coffee productivity is related by soil, fertility, light, humidity, temperature and rainfall conditions, also interactions and management when associated or established under agroforestry systems or monoculture.

Key words: Productivity, Agroforestry systems, monoculture, Coffee (*Coffea arabica*).

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN -----	3
ABSTRACT -----	6
INTRODUCCIÓN -----	12
1. OBJETIVOS -----	14
1.1 General-----	14
1.2 Específicos-----	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA -----	15
2.1 PRODUCTIVIDAD-----	15
2.2 INDICADORES ASOCIADOS A LA PRODUCTIVIDAD -----	15
2.2.1 Eficiencia-----	15
2.2.2 Efectividad-----	15
2.2.3 Eficacia-----	15
2.3 EL ENFOQUE DE SISTEMAS COMO HERRAMIENTA DE LA PRODUCTIVIDAD -----	16
2.3.1 DEFINICIÓN DE PRODUCTIVIDAD BAJO EL ENFOQUE DE SISTEMAS-----	16
2.4 GENERALIDADES DEL CAFÉ -----	16
2.4.1 VARIEDADES DE CAFÉ SEMBRADAS EN COLOMBIA-----	17
2.4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS-----	17
2.4.3 CONDICIONES DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE CAFÉ-----	17
2.4.5 PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ (<i>coffea arabica</i>).-----	18
2.4.6 ZONAS CAFETERAS EN COLOMBIA-----	19
2.4.7 LOS PAÍSES CON MAYOR PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL MUNDO (EN MILES DE SACOS)-----	20
2.5 SISTEMAS AGROFORESTALES -----	20
2.5.1 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES-----	20
2.5.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALE-----	21
2.5.2 CAFÉ EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y EN MONCULTIVO-----	22
3. METODOLOGÍA -----	24

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5. CONCLUSIONES	41
6. RECOMENDACIONES	42
7. BIBLIOGRAFÍA	43

LISTA DE CUADROS

Pg

<u>Cuadro 1. Café: área y producción</u>	16
<u>Cuadro 2. Productividad media anual del Café en sistemas agroforestales y monocultivo.</u>	28
<u>Cuadro 3. Área cultivada en café según exposición solar</u>	
<u>Cuadro 4. Ventajas principales de los sistemas agroforestales con café y café en monocultivo</u>	30

LISTA DE FIGURAS

Pg.

Figura 1. Distribución de la cosecha en tres localidades de la zona cafetera colombiana, Pueblo Bello(cesar),Chinchiná (Caldas) y Consaca (Nariño). **25**

Figura 2. Producción de café (kg de c. p. s. ha-1) bajo sombrío de tres especies forestales, una leguminosa y al sol, en la E. E. de El Tambo. **27**

Figura 3. Producción media de 6 cosechas del café bajo cuatro sistemas de cultivo) café a libre exposición solar, 2) café con sombrío de nogal, 3), café con sombrío de pino y 4) café con sombrío de eucalipto; E. E. Paraguaicito (Q) **26**

Figura 4. Producción en kg de café cereza por planta: (a) a libre exposición solar y (b) café bajo sombrío, 1995-2002, E. C. Naranjal **30**

Figura 5. Producción en kg de café pergamino seco (C.P.S.) ha-1 año-1: (a) café a libre exposición solar y (b) café bajo sombrío,1995-2003,E.C.Naranjal**35**

Figura 6. Producción de café (kg de café cereza por planta), a libre exposición solar y bajo sombrío, 1996-2000, E. E. El Tambo (Cauca) **36**

Figura 7. Producción de café (kg de café cereza por planta), a libre exposición solar y bajo sombrío, 1996-2000, E. E. El Tambo (Cauca). **37**

LISTA DE TABLAS

Pg.

Tabla 1. Ingresos totales (café y madera) obtenidos de los sistemas agroforestales y el café a libre exposición solar **39**

Tabla 2. Ingresos, egresos (\$) del café en sistemas agroforestales y en monocultivo **37**

INTRODUCCIÓN

En la caficultura colombiana se ha notado una evolución en diferentes aspectos, entre los que se destaca el cambio de los cafetales tradicionales bajo sombra (sistemas agroforestales) hacia sistemas más productivos a libre exposición solar (monocultivo), donde se emplean variedades desarrolladas para tales condiciones y con mayores rendimientos, no obstante, en muchas áreas cafeteras del país se emplean los sistemas con sombrero, debido a que en estos sitios existen restricciones climáticas y/o edáficas para la producción de café a plena exposición solar (Cardona *et al.*, 2005).

Al respecto, el cultivo de café bajo sistemas agroforestales y en monocultivo es un tema que ha generado controversia desde hace mucho tiempo; muchas investigaciones han mencionado los beneficios que conciben cada sistema, pero siempre resaltando una mayor productividad hacia el café a plena exposición solar, dejando por aparte los aportes adicionales que ofrecen los sistemas agroforestales. La inclinación de los caficultores hacia la obtención de mayores ingresos (mayor productividad) ha provocado que se empiece a cultivar café de manera extensiva bajo monocultivo. Desde la década de los 60, con el inicio de la intensificación del cultivo del café, con variedades que toleran exposición, directa o parcial al sol, se ha promovido la eliminación de los grandes árboles y se ha alimentado el debate sobre sus efectos positivos (disminución de la competencia por nutrientes, agua y luz, con el consiguiente aumento de la productividad neta) frente a los negativos (pérdida de diversidad y aumento en el consumo de agroquímicos) en estos sistemas (Gallego *et al.*, 2009). La decisión de cultivar café en monocultivo es con el propósito de aumentar la productividad, en ciertos casos sin tener en cuenta que de igual forma aumentan los gastos de insumos externos.

Aunque la productividad del café bajo un sistema agroforestal sea menor que en monocultivo (según Fournier, 1987, esta productividad se refleja en un 10 a 20 % mayor en monocultivo frente a los sistemas agroforestales), es importante mencionar que este sistema ofrece alternativas sostenibles de producción, ya que además de modificar positivamente el microambiente del cultivo y mejorar el suelo incrementando la materia orgánica y los nutrimentos (Beer *et al.*, 1998 Citado por Suatunce *et al.*, 2009), pueden reducir los costos de producción y proveer ingresos adicionales al productor (Somarriba, 1999 Citado por Suatunce *et al.*, 2009).

Es evidente que en Colombia con un clima tan diverso y un suelo de las zonas cafeteras tan complejo, aun se mantenga la cultura de fomentar y establecer sistemas agroforestales con café; aun se conservan sistemas tradicionales con

especies de Guamo (*Inga spp*) y Plátano (*Musa paradisiaca*), y para mejorar la productividad se están tecnificando los sistemas, incorporando nuevas especies forestales y de sombra, además de la siembra de variedades más productivas (Caturra y Colombia).

Actualmente, el 15,7% del área cafetera en el país (137.453,7 ha) está dedicada al sistema tradicional, y el restante 84,3% (740.259,4 ha) corresponde a plantaciones tecnificadas; de las cuales el 46,7% se cultiva a plena exposición solar, el 21,6% bajo semisombra, y solo el 16% con sombrero denso (FNC, 2007).

En el departamento de Nariño los sistemas de manejo de las fincas cafeteras incluyen a los árboles, arbustos y otras especies de sombra como un componente importante para la sostenibilidad de la producción cafetera, especialmente para los pequeños y medianos productores (Enríquez y Moreno, 2007).

El área en Nariño dedicada al cultivo de café en sistemas agroforestales es de 21.881 hectáreas y 12.900 hectáreas en monocultivo distribuidas en 41 municipios productores (FNC, 2011).

En la mayoría de los casos cultivos como *Coffea arabica* L. han formado parte de asociaciones con árboles o especies para sombra en linderos, cercos vivos, árboles de sombra dispersos, cultivo en callejones, barreras rompe vientos, frutales para autoconsumo o venta de sus productos con multiplicidad de usos (Enríquez *et al.*, 2007).

En municipios como la Unión - Nariño, conocido como el más productor del departamento, los caficultores tienden a elegir los sistemas agroforestales con café en un 93% frente a un 7% en monocultivo de café (Enríquez *et al.*, 2007); las especies importantes en la zona son Guamo (*Inga sp*), Plátano (*Musa sp*), Banano (*Musa sp*), naranja (*Citrus sinensis*), Mandarina (*Citrus reticulata*), Chachafruto (*Erythrina edulis*), Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Yurumo (*Cecropia sp.*), al parecer la productividad de estos sistemas se ve influenciada positivamente por arreglos agroforestales definidos y específicos.

1. OBJETIVOS

1.1 General

- Analizar la productividad del café (*Coffea arábica*) en sistemas agroforestales y monocultivo.

1.2 Específicos

- Analizar la productividad del café (*Coffea arábica*) en sistemas agroforestales y en monocultivo.
- Comparar la productividad de ambos sistemas de producción.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PRODUCTIVIDAD

La productividad se entiende como la relación existente entre la cantidad de productos generados de un determinado proceso de transformación, y la cantidad de insumos utilizados para obtener esa cantidad de productos (García, 1996)

Además la productividad evalúa la capacidad del sistema para elaborar productos que son requeridos (que se adecuan al uso) y a la vez el grado en que se aprovechan los recursos utilizados, es decir el valor agregado (Carballal, 2006).

2.2 INDICADORES ASOCIADOS A LA PRODUCTIVIDAD

2.2.1 Eficiencia

Se le utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones; la primera, como la “relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos estimados o programados”; la segunda, como “grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándose en productos” (Carballal, 2006).

2.2.2 Efectividad

Es la relación entre los resultados logrados y los resultados propuestos, o sea nos permite medir el grado de cumplimiento de los objetivos planificados (Carballal, 2006).

2.2.3 Eficacia

Valora el impacto de lo que hacemos, del producto o servicio que prestamos. No basta con producir con 100% de efectividad el servicio o producto que nos fijamos, tanto en cantidad y calidad, sino que es necesario que el mismo sea el adecuado; aquel que logrará realmente satisfacer al cliente o impactar en el mercado (Carballal, 2006).

2.3 EL ENFOQUE DE SISTEMAS COMO HERRAMIENTA DE LA PRODUCTIVIDAD

El enfoque de sistemas es una herramienta que permite el estudio de situaciones reales de una manera práctica. Los sistemas físicos en contraste con los sistemas abstractos o conceptuales, son acumulaciones no aleatorias de materia y energía organizadas en espacio y tiempo, que tienen límites, subsistemas y componentes interactivos (Garfias, 2002).

2.3.1 DEFINICIÓN DE PRODUCTIVIDAD BAJO EL ENFOQUE DE SISTEMAS

La productividad indica la cantidad de salidas que el sistema tiene, estas permiten medir los productos generados en periodos de tiempo determinados; la producción neta del sistema muestra cual es el excedente de salidas respecto a las entradas (Farfán, 2011).

2.4 GENERALIDADES DEL CAFÉ

Nombre común de un género de árboles de la familia de las Rubiáceas y también de sus semillas y de la bebida que con ellas se prepara. De la treintena de especies que comprende el género *Coffea* sólo son importantes tres: *arabica*, *canephora* y *Liberica*. El arbusto o arbolillo, dé 4,6 a 6 m de altura en la madurez, tiene hojas aovadas, lustrosas, verdes, que se mantienen durante tres a cinco años y flores blancas, fragantes, que sólo permanecen abiertas durante unos pocos días. El fruto se desarrolla en el curso de los seis o siete meses siguientes a la aparición de la flor; cambia desde el verde claro al rojo y, cuando está totalmente maduro y listo para la recolección, al carmesí. El fruto maduro, que se parece a la cereza, se forma en racimos unidos a las ramas por tallos muy cortos; suele encerrar dos semillas rodeadas de una pulpa dulce (Ortiz, 2007).

Las plantas de café producen la primera cosecha de rendimiento pleno cuando tienen en torno a cinco años de edad. A continuación mantienen una producción constante durante 15 a 20 años. Algunas plantas rinden entre 900 gr y 1,3 kg de semillas de valor comercial al año, pero se considera que es de 450 gr el rendimiento anual medio (Ortiz, 2007).

La especie de café más antiguamente conocida y difundida a nivel mundial es la *Coffea arábica*, originaria de Etiopia, África. Se puede decir, que la

producción mundial del café descansa en un 90 % sobre esta especie, la tiene como patrón representativo la variedad Typica o Arábigo que presenta las características específicas de poseer hojas elípticas el ángulo de bandolas con respecto al asta central es de 90 grados, los brotes nuevos son bronceados y el vigor de las bandolas es menor con las variedades Paca y TEKISIC (Flores, 1983).

2.4.1 VARIEDADES DE CAFÉ SEMBRADAS EN COLOMBIA

En Colombia únicamente se cultivan los cafés arábigos los cuales producen una bebida suave, de mayor aceptación en el mercado mundial. Solamente sembrando variedades de café arábigo se puede mantener la calidad del café. Las variedades de café arábigo que se siembran en Colombia son: Típica, Borbón, Maragogipe, Tabi, Caturra y Variedad Colombia (FNC, 2010).

2.4.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones ideales para el cultivo se encuentran entre los 1.200 y 1.800 metros de altura sobre el nivel del mar, con temperaturas templadas que oscilan entre los 17 y los 23 grados centígrados y con precipitaciones cercanas a los 2.000 milímetros anuales, distribuidas a lo largo del año (Café de Colombia, 2010).

2.4.3 CONDICIONES DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE CAFÉ

El café prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser más bien ácida. Una variación del pH de 4,2 - 5,1 se considera lo mejor para el café arábigo en Brasil y para café robusta en el África Oriental (Damatta *et al*, 1997 Citado por Infoagro, consulta 2011).

2.4.4 BENEFICIO DEL CULTIVO DE CAFÉ

Las prácticas de post cosecha, que varían de acuerdo con el país, el tipo de cultivo y la especie de café, transforman la cereza en un producto seco, listo para el proceso de trilla (Café de Colombia, 2010).

En otras palabras, son procesos que se utilizan para la separación del mesocarpio del endocarpio. El tiempo que duren dichos procesos y el efecto que pueden generar los diferentes compuestos presentes en la pulpa y mucílago del café en la semilla, tiene una clara influencia en la calidad final de la bebida (Café de Colombia, 2010).

Uno de los procesos más utilizados es el llamado beneficio seco del café. En este proceso de postcosecha las cerezas comúnmente se exponen al sol durante varios días hasta alcanzar cierto grado de humedad en rangos que pueden variar. Uno de los efectos que tiene este método es la impregnación de la semilla con los azúcares y otros compuestos presentes en el mucílago del café, lo que conduce a la generación en la bebida final de sabores característicos de los cafés beneficiados por esta vía (Café de Colombia, 2010).

El beneficio húmedo del café incluye el despulpado, la fermentación, el lavado y el secado del grano. En el despulpado a las cerezas se les retira la pulpa rápidamente después de la recolección. En caso de que ésta se retrase por más de 6 horas, el grano, y posteriormente la bebida, pueden presentar el defecto en taza denominado fermento. Este defecto también se presenta cuando hay presencia de frutos sin despulpar y de pulpa adherida al pergamino o en la medida que aumenta el porcentaje de grano sobremaduro en el café cosechado (Café de Colombia, 2010).

2.4.5 PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ (*coffea arabica*).

Hoy en día hay reconocidas más de 100 especies de insectos que viven entorno al cultivo del café, sólo tres de ellos representan un impacto económico y afectan directa e indirectamente en la productividad del café: la broca, *Hypothenemus hampei*; el minador de la hoja, *Leucoptera coffeellum*, y la palomilla de las raíces, *Dysmicoccus spp.* (FNC, 2010).

Las principales enfermedades de los cafetales en Colombia son causadas por hongos, bacterias, virus y nemátodos. Las de mayor importancia económica y de mayor daño en la productividad son: la roya, *Hemileia vastratix*; las llagas del tallo y de las raíces, *Ceratocystis fimbriata* y *Rosellinia bunodes*; la mancha de hierro, *Cercospora coffeicola*; el mal rosado, *Corticium salmonicolor*; el volcamiento, *Rhizocytionia solani*; la muerte descendente, *Phoma sp.* y nematodos del género *Meloidogyne* (FNC, 2010).

2.4.6 ZONAS CAFETERAS EN COLOMBIA

Las zonas cafeteras colombianas están ubicadas en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cesar, Caquetá, Casanare, Cundinamarca, Guajira, Huila, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle (Café de Colombia, 2010).

Cuadro 1. Área cultivada con café según nivel de tecnificación y número de productores en Colombia (FNC, a septiembre de 2009).

NIVEL DE TECNIFICACIÓN	1. TRADICIONAL		2. ENVEJECIDO		3. TECNIFICADO		TOTAL		NUMERO DE PRODUCTORES	
	2008	Sep. 2009	2008	Sep. 2009	2008	Sep. 2009	2008	Sep. 2009	2008	Sep. 2009
Antioquia	5,7	4,8	37,3	32,8	86,1	92,9	129,1	130,6	88.391	89.499
Boyacá	3,6	3,4	3,2	3,3	4,0	4,2	10,8	11,0	12.118	12.249
Caldas	5,7	5,0	20,5	19,9	58,7	58,9	85,0	83,9	38.076	37.726
Caquetá	0,3	0,2	1,7	0,8	1,8	1,7	2,8	2,8	1.766	1.804
Casanare	1,8	1,7	0,2	0,2	38,5	0,7	69,8	2,6	1.612	1.649
Cauca	12,7	11,9	18,6	18,2	5,3	43,2	21,9	73,3	84.436	87.668
Cesar	10,4	10,0	6,2	6,3	22,4	6,2	48,9	22,5	5.095	5.539
Chocó	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	292	291
Cundinamarca	16,4	15,7	10,1	10,0	80,8	23,2	102,5	48,9	38.518	39.181
Guajira	3,1	3,0	1,0	1,0	1,0	1,2	5,1	5,2	1.335	1.436
Huila	4,7	3,4	17,0	14,7	4,1	86,9	17,6	105,0	61.737	62.322
Magdalena	8,6	8,3	4,9	5,0	1,3	5,1	2,4	18,5	2.341	2.820
Meta	0,4	0,3	1,3	0,8	20,5	1,2	29,0	2,3	1.526	1.570
Nariño	1,4	1,1	7,1	5,1	10,8	24,8	32,6	31,0	32.083	33.340
Norte de Santander	13,0	12,6	8,8	9,4	30,0	11,6	42,4	33,6	17.018	18.001
Quindío	3,0	2,7	9,4	9,5	42,1	27,6	54,4	39,8	6.624	6.704
Risaralda	2,2	2,2	10,2	10,2	25,3	41,9	41,5	54,3	20.012	20.137
Santander	5,4	4,4	10,7	8,4	54,1	29,9	102,8	42,7	30.867	31.489
Tolima	18,5	16,1	30,2	27,4	46,4	60,4	77,5	103,9	51.423	53.471
Valle	9,3	8,6	21,7	21,6	0,6	45,6	2,6	75,8	20.526	20.713
TOTAL NACIONAL	126,2	115,6	220,2	204,7	533,9	567,4	878,6	887,7	515.796	527.609

*Miles de hectárea por departamento

- (1) Tradicional: Típica sin trazo o típica con densidad menor a 2500 árboles.
- (2) Tecnificado Envejecido: Cultivos al sol mayores a 9 años, o cultivos a la sombra total o parcial mayores a 12 años.
- (3) Tecnificado: Cultivos al sol menores o iguales a 9 años, o cultivos a la sombra total o parcial menores o iguales a 12 años.

En Colombia la zona cafetera comprende cerca de 3`050.141 hectáreas, con un área en café de 874.000 hectáreas, la producción del café asciende a los 12,1 millones de sacos (60 kilogramos), distribuida en los 590 municipios cafeteros, que involucra a 513.000 caficultores, el destino de exportación del café es a 36 países, participando en un 29,5% al empleo agrícola y un 12,4 % al PIB (FNC, 2010).

2.4.7 LOS PAÍSES CON MAYOR PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL MUNDO (EN MILES DE SACOS)

En África tenemos a Uganda (2.800), Costa de Marfil (2.200) y Etiopía (7.450); en Asia, India (4.983), Indonesia (8.856) y Vietnam (18.500); y en América latina, Honduras (3.830), Guatemala (3.950), México (4.000), Perú (4.000), Colombia (9.200) y Brasil (48.095). La producción mundial es de 133.3 millones de sacos lo cual representa un incremento del 8.2 % para el periodo 2010/2011 (ICO, 2011).

2.5 SISTEMAS AGROFORESTALES

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en las cuales especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizadas en asociación deliberada con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (Montagnini, 1992).

2.5.1 CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS AGROFORESTALES (Montagnini,1992)

Esta clasificación esta basada en el tipo de componentes incluidos (cultivos perennes o anuales, animales, etc.) y la asociación (espacial, temporal) que existe entre los componentes. Los sistemas agroforestales que se describen son los siguientes:

1. Sistemas agroforestales secuenciales: en ellos existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos; es decir, que los cultivos anuales y las plantaciones de arboles se suceden en el tiempo.

2. Sistemas agroforestales simultáneos: consisten en la integración simultánea y continúa de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple, y/o ganadería.
3. Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos: Consisten en hileras de arboles que pueden delimitar una propiedad o servir de protección para otros componentes u otros sistemas; se los puede considerar como sistemas complementarios de los nombrados anteriormente.

2.5.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES (Nair, 1985; 1993 Citado por Farfán ,2011).

Productividad. Los sistemas agroforestales tienden a mantener o aumentar la producción y la productividad (del suelo), mediante la producción creciente de productos de los arboles, mejoramiento de la producción de los cultivos asociados, reducción en la aplicación de insumos, mano de obra eficiente y eficaz.

Continuidad. La agroforestería puede alcanzar y mantener indefinidamente los objetivos de la conservación y de la fertilidad del suelo, conservando el potencial de producción como base del recurso, en función de los efectos benéficos de los arboles sobre el suelo.

Adoptabilidad. “Aceptar”, el hecho que la agroforestería sea relativamente una nueva palabra para un viejo sistema de practicas, en muchos casos, es aceptada por la comunidad agrícola; no obstante esto implica el mejoramiento de las tecnologías agrosilvicolas y que la introducción de nuevas áreas a la agroforestería, deben ajustarse a las practicas agrícolas locales.

2.5.2 CAFÉ EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y EN MONCULTIVO

El cultivo de café en sistemas agroforestales es común en los países de América central, Colombia y México principalmente; mientras que el cultivo de solana (monocultivo) es practica corriente en Hawai, Brasil (con pocas excepciones) Kenia y otros (Carvajal, 1985 Citado por Fournier, 1987).

Por otra parte es bueno mencionar que en los últimos años se ha desarrollado en los trópicos un marcado interés por los sistemas agroforestales como una modalidad de sistema de producción, además de tener ciertas ventajas ecológicas sobre los monocultivos, permite obtener tanto productos agrícolas como forestales en un mismo sitio. Y precisamente algunos de estos sistemas incluyen el cultivo del café con arboles forestales (Fournier, 1981; Fassbender *et al.*, 1985; Heuveldepe *et al.*, 1985 Citado por Fournier, 1987).

El Café ha sido tradicionalmente cultivado bajo un dosel de sombra de árboles (Perfecto *et al.*, 1996 Citado por Suatunce; Díaz y García, 2009). Estos sistemas se han reportado como una buena alternativa cuando el uso de monocultivos no es económicamente factible debido a la alta cantidad de insumos externos que demandan (Montagnini, 1992).

El Café se cultiva bajo diferentes sistemas de manejo en Colombia; en el extremo más tradicional se encuentran plantaciones de variedad Típica con bajas densidades de siembra y sombrío denso, y en el más tecnificado, aquellas que se establecen con variedades Colombia, Caturra y Variedad Castillo, en altas densidades y a plena exposición solar. Entre éstos se haya una considerable gama de sistemas intermedios con rendimientos contrastantes (Sadeghian, 2009).

Cuadro 3. Área cultivada en café según exposición solar en Colombia (FNC, a Septiembre de 2009)

Exposición Solar	Sol		Sombra o sombra parcial		Total	
	2008	Sep. 2009	2008	Sep. 2009	2008	Sep. 2009
Antioquia	70,0	73,3	59,1	57,3	129,1	130,6
Boyacá	0,8	0,8	10,0	10,2	10,8	11,0
Caldas	65,0	65,1	20,0	18,8	85,0	83,9
Caquetá	1,6	1,7	1,1	1,1	2,8	2,8
Casanare	0,0	0,0	2,6	2,5	2,6	2,5
Cauca	19,2	20,5	50,5	52,8	69,8	73,3
Cesar	2,9	3,0	18,9	19,5	21,9	22,5
Chocó	0,2	0,2	0,0	0,0	0,2	0,2
Cundinamarca	10,5	11,1	38,4	37,8	48,9	48,9
Guajira	0,0	0,0	5,1	5,2	5,1	5,2
Huila	78,7	82,6	23,8	22,3	102,5	105,0
Magdalena	0,8	0,8	16,8	17,6	17,6	18,5
Meta	1,1	1,1	1,2	1,2	2,4	2,3
Nariño	10,2	10,7	18,8	20,3	29,0	31,0
Norte de Santander	4,5	4,8	28,1	28,8	32,6	33,6
Quindío	22,0	20,2	20,5	19,6	42,4	39,8
Risaralda	42,2	42,0	12,2	12,2	54,4	54,3
Santander	3,9	4,0	37,6	38,7	41,5	42,7
Tolima	60,1	63,2	42,7	40,7	102,8	103,9
Valle	26,9	25,3	50,6	50,5	77,5	75,8
TOTAL NACIONAL	420,7	430,3	457,9	457,2	878,6	887,5

*Miles de hectáreas por departamento

En los Sistemas agroforestales con café (café bajo sombra), se utilizan árboles para proporcionar diferentes niveles de sombrío dependiendo de la especie y el arreglo espacial. Se emplean principalmente en zonas con limitaciones para un adecuado desarrollo del cultivo, por condiciones climáticas o de suelos ya sea por la presencia de períodos secos prolongados o de suelos con limitaciones físicas y de fertilidad o erosionados. En estos sistemas la densidad de siembra óptima (2000-3000 plantas por hectárea) y la productividad (500 -1000 kg café pergamino seco por hectárea) son menores que en cafetales a libre exposición (FINAGRO, 2009).

El café en monocultivo se desarrolla bien en las zonas con suelos de buenas características físicas y de fertilidad y una apropiada disponibilidad de agua (regímenes de lluvia suficiente y muy buena distribución durante todo el año) y de energía solar. En este tipo de sistema se utilizan densidades de siembra altas, entre 7.500 y las 10.000 plantas por hectárea y son de una alta productividad (2500-4000 kg café pergamino seco por hectárea) (FINAGRO, 2009).

3. METODOLOGÍA

Para la realización este trabajo fue necesario hacer uso de herramientas de información primaria, donde se entrevistó a informantes claves en la Federación nacional de cafeteros de Colombia y el comité de caficultores, los informantes que fueron entrevistados mostraron datos estadísticos sobre el área dedicada a la caficultura en Nariño y en Colombia, además de variedades cultivadas, departamentos y municipios caficultores.

Y la información secundaria, en el cual se llevó a cabo una revisión sobre el cultivo de café (*C. arabica*) en sistemas agroforestales y en monocultivo tomada de artículos científicos, tesis, libros, internet y revistas, publicadas por la Federación nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), el Centro de Investigación de café (CENICAFE), Café de Colombia, Universidad de Nariño (UDENAR), Universidad técnica estatal de Quevedo (Ecuador), ANACAFE (Guatemala), PROMECAFE y el IICA (Centro américa).

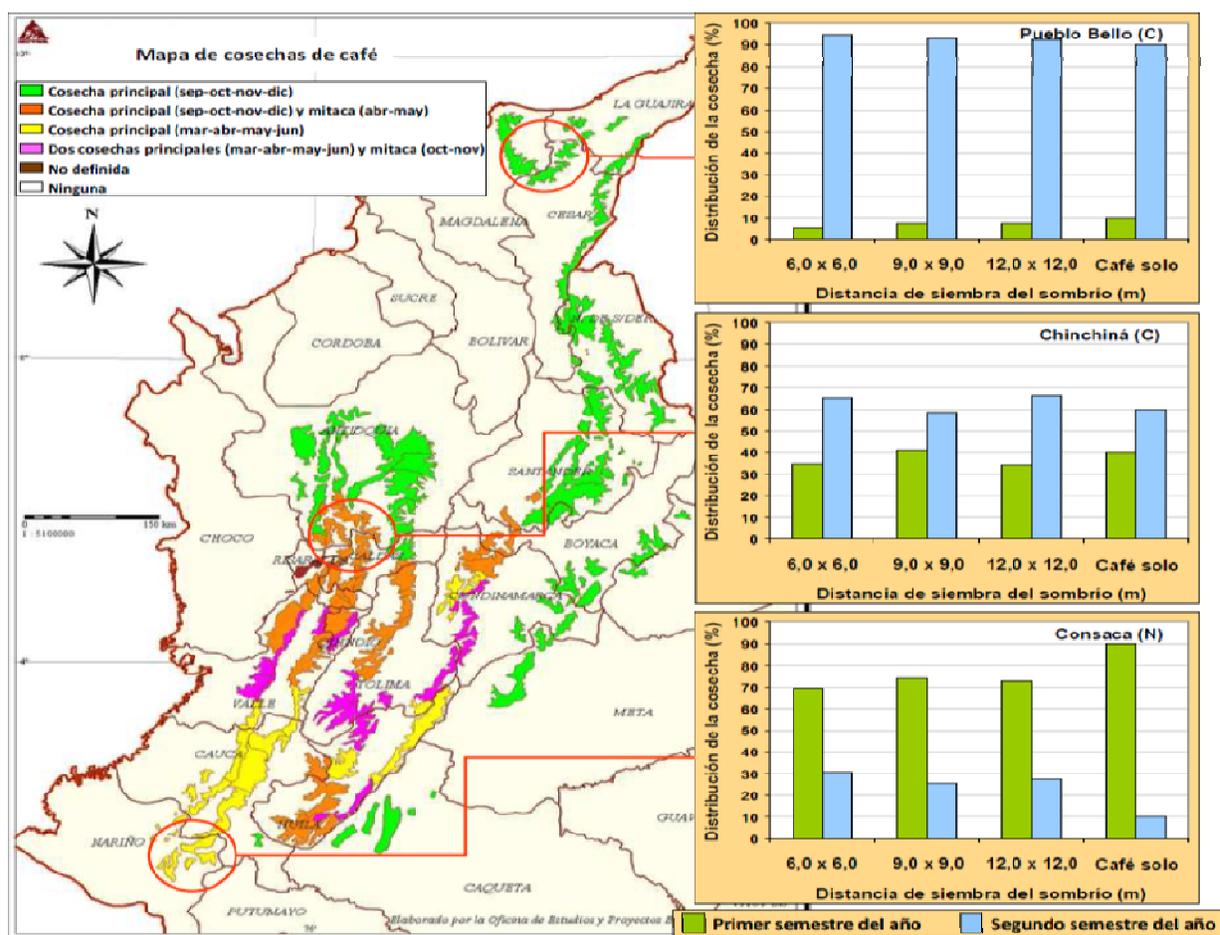
Se compararon diferentes investigaciones realizadas a nivel departamental, nacional y internacional, relacionadas con la productividad del café (*C. arabica*) en sistemas agroforestales y en monocultivo, los trabajos mas representativos se incluyeron con el propósito de analizar y discutir los resultados de cada argumento para obtener conclusiones y recomendaciones imparciales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EFECTO DEL SOMBREAMIENTO EN SISTEMAS AGROFORESTALES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA COSECHA DEL CAFÉ (*C. arabica*) (Farfán, 2011).

Se presenta la distribución de la cosecha en tres localidades de la zona cafetera colombiana Pueblo Bello (Cesar), Chinchiná (Caldas) y Consacá (Nariño). En este estudio, el sombrío fue establecido a 6,0 m x 6,0 m (278 arboles por ha), 9,0 m x 9,0 m (123 arboles por ha) y a 12,0 m x 12,0 m (70 arboles por ha); el café fue establecido a 1,5 m x 1,5 m (4.444 plantas por ha) en todas las localidades.

Figura 1. Distribución de la cosecha en tres localidades de la zona cafetera colombiana, Pueblo Bello (Cesar), Chinchiná (Caldas) y Consacá (Nariño).



El objetivo de este estudio está enfocado hacia la variabilidad que tiene cada zona a la hora de la cosecha del café. Se realizó teniendo en cuenta la misma especie de *Inga edulis* para todas las localidades y las mismas distancias de siembras que fueron 6,0 x 6,0 - 9,0 x 9,0 y 12,0 x 12,0 (Figura 1).

Con base en el estudio los resultados fueron los siguientes: en la región de Pueblo Bello (Cesar), la cosecha principal se da en los meses de: septiembre, octubre, noviembre, y diciembre. No hubieron diferencias estadísticamente significativas referente a la distribución de la cosecha en la esta localidad, donde la distribución media anual en los sistemas agroforestales fue del 93% en el segundo semestre y 7 % en el primer semestre, y en monocultivo fue del 90% en el primer semestre y 10% en el segundo semestre.

En el municipio de Chinchiná (Caldas), zona cafetera centro. La cosecha principal se da en los meses de: septiembre, octubre, noviembre, y diciembre; en el cual la distribución de la cosecha en los tres subsistemas fue del 41% para el primer semestre y 59% en el segundo semestre con sombrío a 6,0x6,0 m. En el subsistema con sombrío a 9,0 x 9,0 m, en el primer semestre se concentra el 45% de la cosecha y en el segundo semestre el 55% y en el subsistema con sombrío a 12,0 x 12,0 m, se concentra el 35% de la cosecha en el primer semestre y el 65% en el segundo semestre.

Uribe (1977) obtuvo que la distribución de la cosecha para el primer semestre fue del 20% y para el segundo semestre del 80% (café variedad Caturra a libre exposición) en la estación central Naranjal.

Lo cual indica que para la zona central cafetera comparando la distribución de la cosecha en café bajo sistemas agroforestales y café en monocultivo, la sombra llega a alterar los patrones de distribución de cosecha.

Y en el municipio de Consacá (Nariño) tercera zona de estudio, la cosecha principal se da en los meses de: marzo, abril, mayo, y junio; en el Subsistema con sombrío a 6,0 x 6,0 m el 70% de la cosecha se concentra en el primer semestre del año y 30% en el segundo. En los subsistemas con sombrío a 9,0 x 9,0 m y 12,0 x 12,0 m, se concentra el 74% y el 73% en este mismo periodo respectivamente y en el segundo semestre del año se concentra el 26% y 27% de la cosecha en estos dos subsistemas.

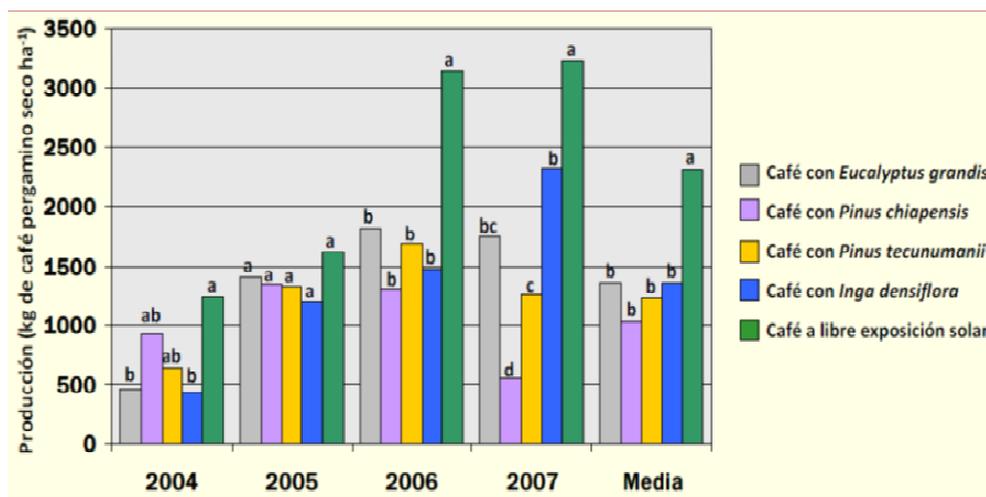
Según Bedoya *et al.*, (1997) citado por Farfán, 2011., informan que la distribución anual de la cosecha para el departamento del Nariño se ubica en rangos del 83% al 91% en el primer semestre del año y entre el 17% y 9% en el segundo semestre.

De acuerdo a lo anterior, permite deducir que el sombreado tiene un efecto sobre la distribución de la cosecha para esta zona. Hay que tener presente que la distribución de la cosecha también se ve influenciada por el clima, el suelo y la variedad de café establecida.

4.2 EFECTO DEL SOMBREAMIENTO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON *Eucalyptus grandis*, *Pinus chiapensis*, *Pinus tecunumanii* E *Inga densiflora* SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ (Farfán ,2011).

En la finca la Suecia ubicada en el municipio de El Tambo, departamento del Cauca, zona cafetera sur de Colombia y bajo la coordinación de la estación experimental de El Tambo, se evaluó el efecto que tendría el sombreado sobre la producción de café dado por tres especies forestales, y una especie leguminosa. Los sistemas agroforestales diseñados fueron: (1) café con sombrio de *Eucalyptus grandis*; (2) Café con sombrio de *Pinus chiapensis*; (3) Café con sombrio de *Pinus tecunumanii*; (4) Café con sombrio de *Inga edulis* y (5) café a libre exposición solar.

Figura 2. Producción de café (kg de c. p. s. ha⁻¹) bajo sombrio de tres especies forestales, una leguminosa y al sol, en la estación experimental de El Tambo.



Para este estudio se tuvo en cuenta algunos aspectos fundamentales que influyen en la productividad de los sistemas como lo son: densidad de siembra, especies arbóreas conocidas, variedad de café con tolerancia a enfermedades, variedades mejoradas, fertilidad del suelo y el sombreado; bajo estos parámetros los resultados de este estudio fueron muy definidos a la hora de comprobar cuál de estos sistemas fue más productivo. La producción mas alta

se presentó bajo monocultivo alcanzando en el tercer año una producción aproximada de 3.250 kg por has de café pergamino seco.

El efecto del sombreado sobre la productividad del café se vio menos marcado en los sistemas de Café (*Coffea arabica*) con *Inga densiflora* y café con *Eucaliptus grandis*.

La producción máxima alcanzada en el tercer año del sistema café con *Eucaliptus grandis* fue de 1.700kg por has de café pergamino seco.

Y la producción máxima alcanzada en el cuarto año del sistema café con *Inga densiflora* fue de 2.400 kg por has de café pergamino seco.

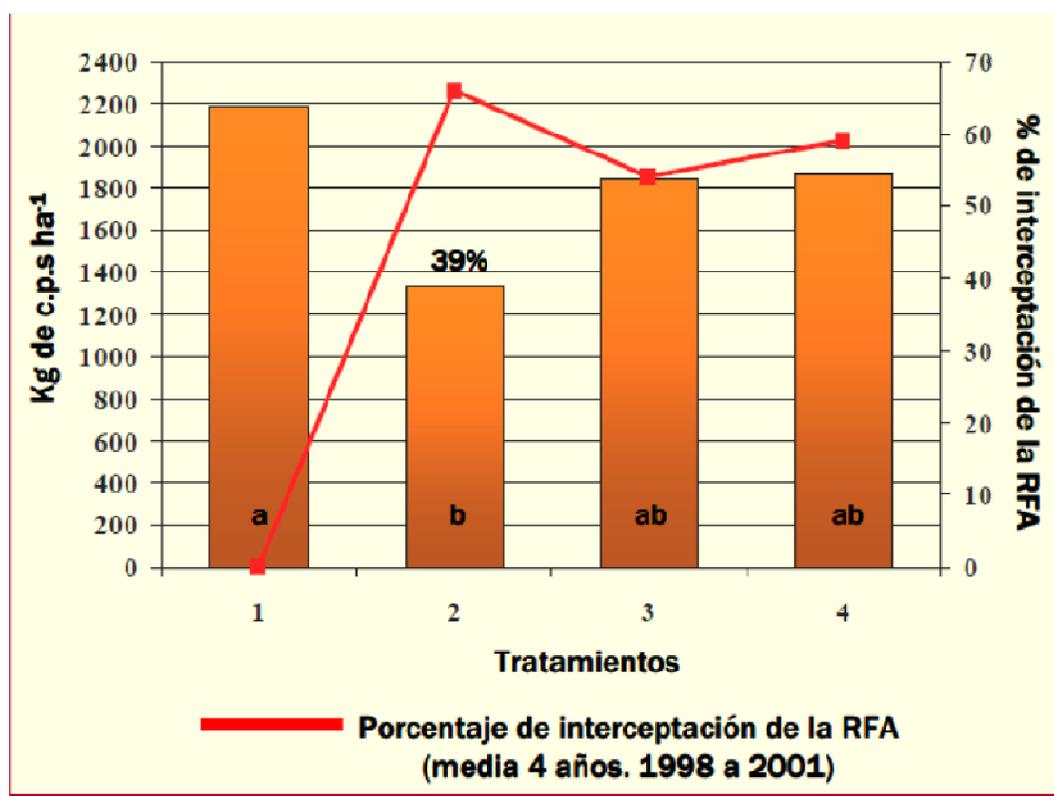
Este estudio comprueba que la producción siempre se presentara en mayores proporciones en los sistemas manejados a libre exposición puede ser por factores fisiológicos, biológicos o de arquitectura de la planta ya que los cultivos a libre exposición tienden a desarrollarse mas rápido debido al alto porcentaje de luz solar que estas pueden obtener.

Según la media obtenida en cada sistema, indica que la mayor productividad se presentó en los sistemas de Café con *E. Grandis* y Café con *I. densiflora*, pero estadísticamente no se observan diferencias significativas entres los sistemas agroforestales evaluados, sin embargo si hay diferencias con respecto al Café en monocultivo.

4.3 COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES FORESTALES *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* COMO SOMBRIO E INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ (Farfán y Urrego, 2004).

En la estación experimental Paraguaicito, ubicada en el municipio de Buenavista, Departamento del Quindío, evaluaron el efecto de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, sobre la producción del café. El sombrío fue establecido en 1994 a distancias de 6,0 x 6,0 m (278 arboles por ha) y el café un año después a 1,5 x 1,5 m (4.500 plantas por ha).

Figura 3. Producción media de 6 cosechas del café bajo cuatro sistemas de cultivo, 1) café a libre exposición solar, 2) café con sombrío de Nogal, 3), café con sombrío de Pino y 4) café con sombrío de Eucalipto; estación experimental Paraguaicito (Q)



La mayor producción se presenta en el sistema de café a libre exposición, y la menor producción se da en el sistema de Café con Nogal. Los otros dos presentan un porcentaje de sombra muy regular, en Café con Pino un 56% de sombra, y un 60% en Café con Eucalipto.

De acuerdo a esto, siempre se va a obtener producciones más altas en los sistemas a libre exposición que en los sistemas bajo sombra. Cabe aclarar que en los cultivos bajo sombra, se debe tener en cuenta la zona en la que se va a establecer un sistema, de acuerdo a todo lo relacionado con la parte edafoclimática que se presenta, como temperatura, clima, humedad, vientos, suelos, horas de luz, la precipitación etc. Que son muy importantes e influyen en la productividad del Café.

En este caso la distancia de siembra de los árboles juega un papel muy importante en cuanto al porcentaje de la RFA obtenida por el cultivo de Café.

Finalmente, según el estudio no hubo diferencias significativas entre los sistemas agroforestales de Café con Nogal, Café con Pino y Café con Eucalipto; y tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas del café en monocultivo y los sistemas de Café con Pino y Café con Eucalipto.

Sin embargo si hubo diferencia estadísticamente significativa entre el Café en monocultivo y el sistema de Café con Nogal, donde se detallo que la productividad del sistema Café con Nogal fue en un 39 % menos que el Café bajo monocultivo, lo cual indica que existe una influencia del sombrio directa sobre la productividad del Café. Según lo observado entre mas sombra menor será la productividad.

La productividad del Café se relaciona mucho con el porcentaje de sombra de cada sistema evaluado, si se incrementa la sombra disminuye la productividad del Café y viceversa. Para evitar diferencias estadísticamente significativas con respecto a la productividad se deben manejar distancias de siembra mayores, para que la sombra no afecte la productividad del cafetal.

4.4 EVALUACIÓN DE CUATRO ESPECIES FORESTALES ASOCIADAS CON CAFÉ (*Coffea Arabica* L.) Y EN MONOCULTIVO (Suatunce *et al.*, 2009).

Se implantó un ensayo de sistema agroforestal con café (*Coffea arabica* L.) en el área del cantón Quevedo, en la Finca Experimental “La Represa”, en el año de 1997. Se plantaron cuatro especies forestales en asociación con café (*C. arabica* L.), y también se establecieron parcelas de árboles y café en monocultivo, en parcelas. Las especies forestales utilizadas fueron el Guayacán blanco (*Cybistax donnell-smithii* Rose), Laurel prieto (*Cordia megalantha* Chadat), Fernansánchez (*Triplaris cumingiana* Wedd) y Teca (*Tectona grandis* L. F.). El objetivo fue comparar la producción de madera y café bajo los sistemas agroforestales y en los sistemas de plantación en monocultivo tanto de los árboles como del Café.

Cuadro 2. Productividad media anual del Café en sistemas agroforestales y monocultivo.

Tratamientos	Café (Kg/ha ⁻¹)	Plátano (Racimos ha ⁻¹ año ⁻¹)	Madera (m ³ ha ⁻¹)
Asociación			
Guayacán blanco + café	908.49 a	60.00 a	48.46 a
Laurel prieto + café	2,113.82 b	65.70 a	19.68 c
Teca + café	2,093.53 b	63.30	78.23 b
Fernansánchez + café	1,734.12 c	60.00 a	46.99 a
Monocultivo			
Café solo	3,977.20 d		
Guayacán blanco			30.24 a
Laurel prieto			20.72 b
Teca			75.32 c
Fernansánchez			42.00 a

Fuente: Suatunce et al ., 2009

Como resultado de este estudio se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la productividad del café en monocultivo (3,977.20 kg/ha) frente a los sistemas agroforestales de Guayacán blanco + café (908.49 kg/ha), Laurel prieto + café (2,113.82 kg/ha), Teca + café (2,093.12 kg/ha) y Fernansánchez + café (1,734.12 kg/ha).

En los sistemas agroforestales de Laurel prieto + café (2,113.82 kg/ha), Teca + café (2,093.12 kg/ha) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, pero en relación con los demás sistemas agroforestales evaluados si hubieron diferencias.

Estas diferencias hacen relación a la arquitectura de cada especie forestal, cada una presenta características morfológicas particulares, por ende esto conlleva a que la productividad del café sea menor en algunos sistemas agroforestales (Guayacán + café y Fernansanchez + café) en comparación con otros (Laurel prieto + café y Teca + café).

El sombreado que cada especie forestal ofrece al café también incide en la productividad de este, según lo observado, al parecer el porcentaje de sombra emitida por el Guayacán blanco (*Cybistax donnell-smithii* Rose) y Fernansanchez (*Triplaris cumingiana* Wedd) debió ser mayor que el Laurel Prieto (*Cordia megalantha* Chadat) y que la Teca (*Tectona grandis* L. F.) para que mostraran estos resultados.

Las condiciones ambientales quizás favorecieron a los sistemas agroforestales más productivos, los suelos dieron mejor respuesta a estas especies debido a su gran aporte de biomasa, así de esta manera contribuyen al enriquecimiento del suelo en cuanto a nutrientes e incrementaron las interacciones positivas entre planta-suelo, suelo-planta.

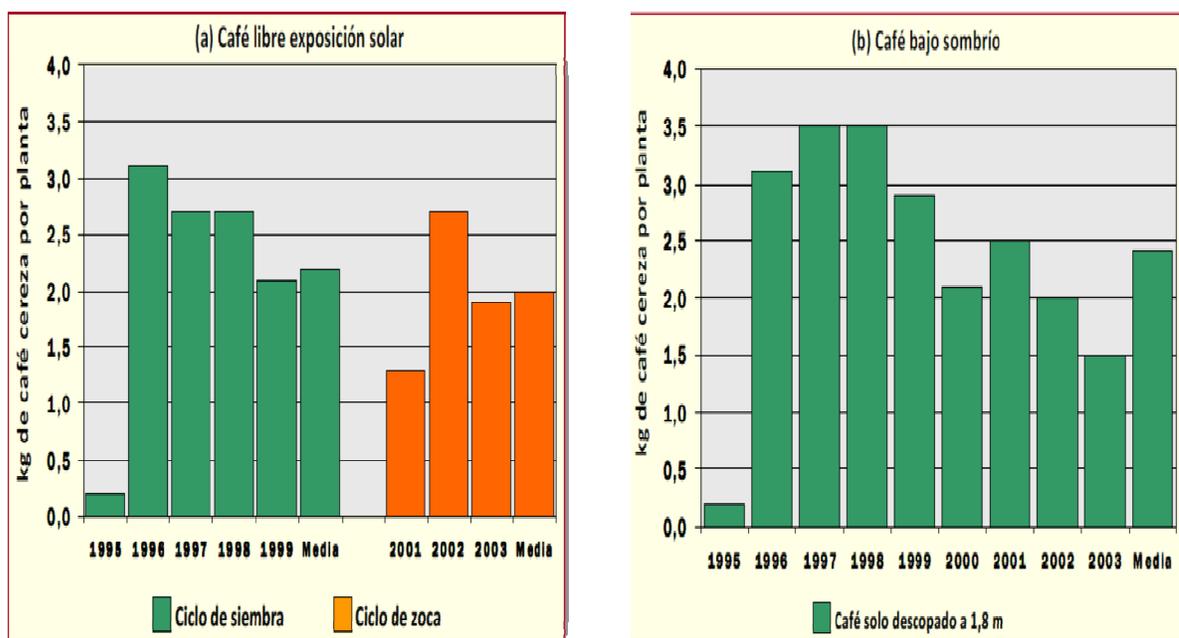
Con relación a la investigación se encontró que la productividad del café en monocultivo fue mayor en comparación con los sistemas agroforestales guayacán blanco (*Cybistax donnell-smithii* Rose), laurel prieto (*Cordia megalantha* Chadat), Fernansanchez (*Triplaris cumingiana* Wedd) y teca (*Tectona grandis* L. F.), mas sin embargo se desconoce si la productividad por planta tuvo el mismo resultado.

4.5 PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ EN UN SISTEMA AGROFORESTAL Y EN MONOCULTIVO, CON PRÁCTICAS ORGÁNICAS (Farfán , 2011)

En la E. C. Naranjal, situada en el municipio de Chinchiná, departamento de Caldas y en la E. E. de El Tambo, municipio de El Tambo, departamento del Cauca, se evaluó la producción del café bajo sombrío de las especies leguminosas guamo santafereño (*Inga edulis*), chachafruto (*Erythrina edulis*), cambulo (*Erythrina fusca*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) en la estación central el Naranjal y Leucaena, chachafruto y cambulos en El Tambo.

El sombrío se estableció a 12,0 x 12,0 m (70 arboles ha⁻¹) y el café a 1,5 x 1,5 m (4.500 plantas ha⁻¹). El SAF se comparo con un sistema de cultivo de café a libre exposición solar establecido a 1,0 x 1,0 m. (10.000 arboles ha⁻¹). Los dos sistemas de cultivo y en las dos localidades se manejaron con practicas orgánicas (sin aplicación de productos químicos de síntesis) y sin el propósito de obtener la certificación como producto 100% orgánico.

Figura 4. Producción en kg de café cereza por planta: (a) a libre exposición solar y (b) café bajo sombrío, 1995-2002, estación central el Naranjal.



Se evaluó la productividad del café por planta en kilogramos de café cereza en monocultivo y en sistema agroforestal; donde se obtuvo la media del café en monocultivo con datos recolectados en 5 años (cinco cosechas) y datos recolectados en 3 años (tres cosechas) luego del ciclo de zoca.

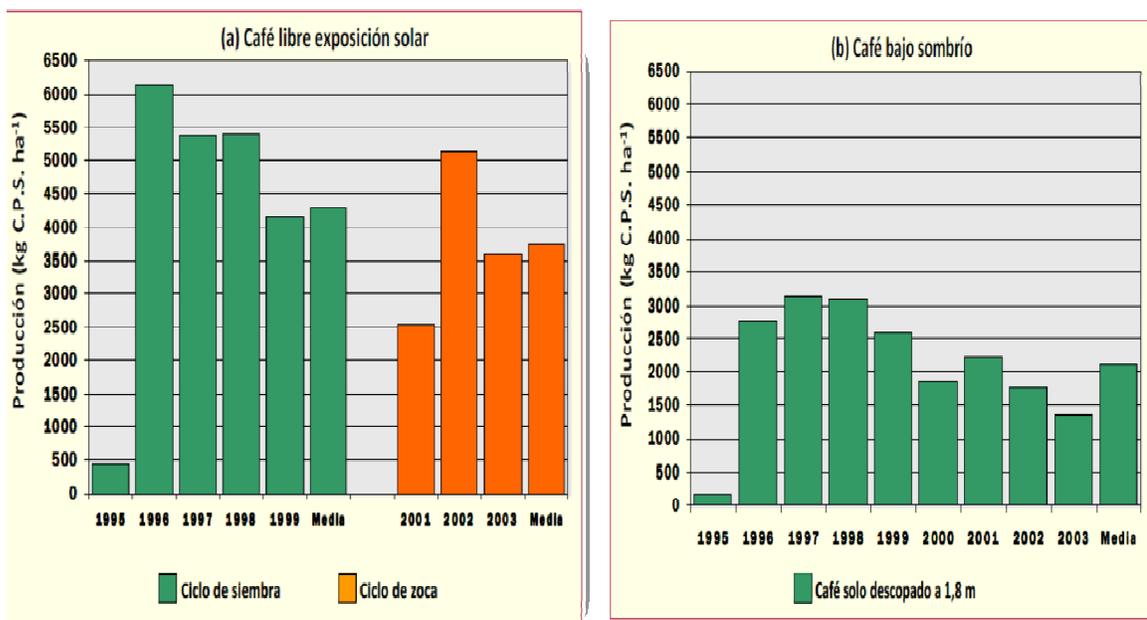
En el caso del café en sistema agroforestal se obtuvo la productividad por planta en kilogramo de café cereza durante 9 años, consiguiendo una media de nueve cosechas, el café no se zoqueo si no que se manejo una poda por descope (descopado) a 1.80 metros.

La producción media por planta luego de 5 cosechas y en el primer ciclo del cultivo (de siembre), fue de 2,2 kilogramos de café cereza y en el segundo ciclo (de zoca) fue de 2,0 kilogramos por planta de café cereza (Figura 4a). En café con sombrio, la producción media por planta durante nueve cosechas fue de 2,4 kg de café cereza, (Figura 4b).

Al respecto, la productividad del café en sistemas agroforestales por planta en kilogramos de café cereza es mayor que en monocultivo, lo cual indica que los sistemas agroforestales responden mejor a las prácticas orgánicas y que el café en monocultivo con prácticas orgánicas tiende a fluctuar significativamente la producción por planta (kg de café cereza).

Los sistemas agroforestales con café tienen muchas ventajas comparado con el café en monocultivo y aun más cuando se incluyen practicas orgánicas debido que hay un mayor aporte de biomasa, lo cual se involucra en el ciclaje de nutrientes (y a mayor cantidad de biomasa mayor ciclaje de nutrientes) del sistema.

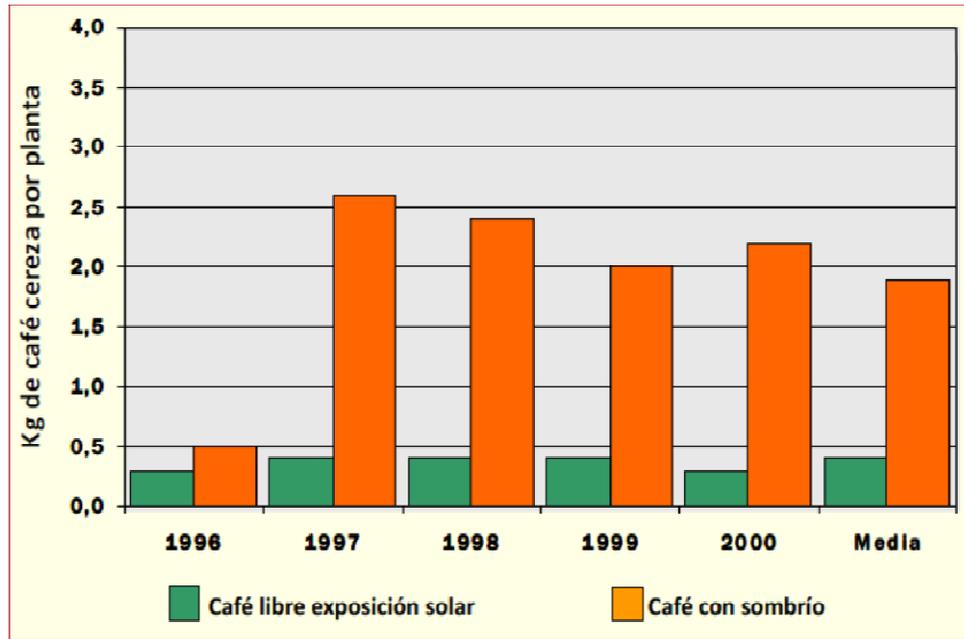
Figura 5. Producción en kg de café pergamino seco (C.P.S.) ha⁻¹ año⁻¹: (a) café a libre exposición solar y (b) café bajo sombrío, 1995-2003, estación central el Naranjal.



La producción en kilogramos de café pergamino seco por hectárea es mayor en monocultivo que en sistemas agroforestales, debido a que la densidad de siembra del café es mayor para el monocultivo (10.000 plantas/ha) y en sistemas agroforestales (4.500 plantas/ha de café). De esta manera la producción media del ciclo de siembra está entre 4.100 a 4.200 kilogramos de café pergamino seco y para el ciclo de zoca la producción media está entre 3.600 a 3.700 kilogramos de café pergamino seco.

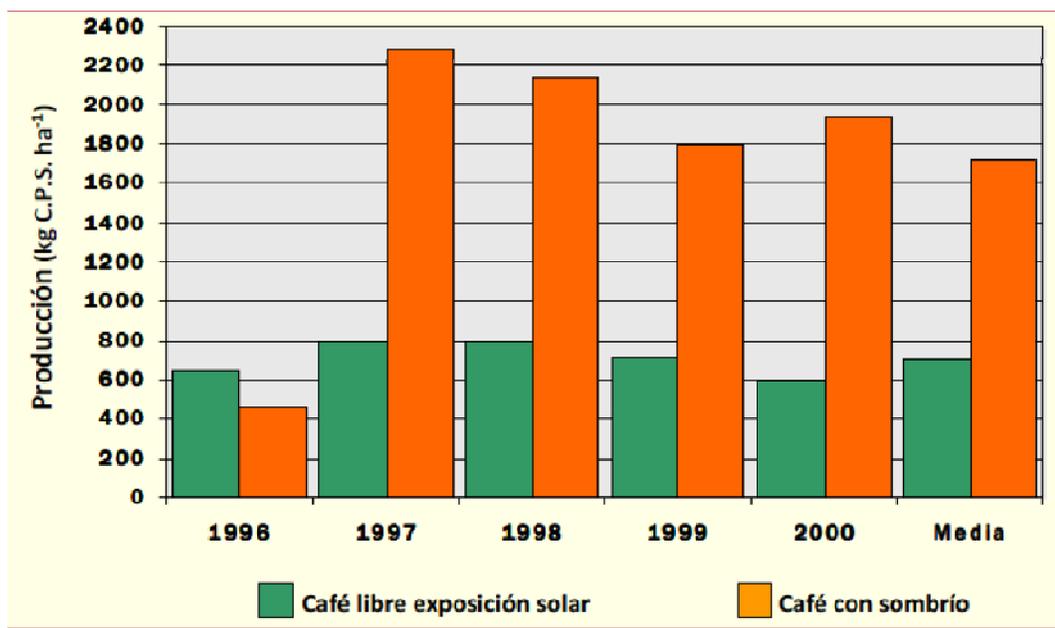
Bajo sistema agroforestal la producción media estuvo entre 2.100 a 2.200 kilogramos de café pergamino seco, información recolectada de 9 cosechas, donde el café solo fue descopado (1.8 m).

Figura 6. Producción de café (kg de café cereza por planta), a libre exposición solar y bajo sombrío, 1996-2000, estación experimental El Tambo (Cauca).



En la zona de la estación experimental El Tambo (Cauca) la producción media de cereza por planta de café en monocultivo fue de 0,4 kg y en sistemas agroforestales la producción media por planta en el mismo ciclo fue 1,9 kg de café cereza por planta. Esto indica una vez más que también existen diferencias estadísticamente significativas entre la producción del café en sistemas agroforestales y café en monocultivo para esta zona.

Figura 7. Producción de café (kg de café cereza por planta), a libre exposición solar y bajo sombrío, 1996-2000, estación experimental El Tambo (Cauca).



La producción por hectárea en la estación experimental El Tambo, indica que en caficultura a libre exposición, con densidades de siembra de 10.000 plantas ha⁻¹ y aplicando tecnologías que no implican el uso de productos químicos de síntesis, no es conveniente dado que la producción media solo fue de 709 kg de café pergamino seco ha⁻¹ año⁻¹. La producción media por hectárea obtenida en el ciclo de cinco años en el sistema agroforestal, indica que bajo sombrío, con densidades de siembra de 4.500 plantas ha⁻¹ y aplicando tecnologías que no implican el uso de productos químicos de síntesis se puede producir en promedio 1.723 kg de café pergamino seco ha⁻¹ año⁻¹ en la zona sur de Colombia.

El resultado de la evaluación del café en sistemas agroforestales y en monocultivo para la zona E.E. de el Tambo (Causa) marcó un dato muy curioso, teniendo en cuenta que la densidad del café en monocultivo es mayor debería ser mayor la producción de este sistema. Con esto se puede decir que hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos zonas con respecto a la productividad.

4.6 PRODUCTIVIDAD DEL CAFÉ EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y EN MONOCULTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Actualmente en el departamento de Nariño hay 34.781 hectáreas sembradas en café, de las cuales 21,881 están establecidas con sistemas agroforestales y 12.900 en monocultivo. La productividad de la zona es de 2`918.860,8 de arrobas, distribuidas en 1`680.460,8 arrobas (96 arrobas es igual a 1.250 kg de c.p.s.) obtenidas del café con sistemas agroforestales y 1`238.400 arrobas procedentes del café establecido en monocultivo (FNC, entrevista al Ing. Erazo – dependencia de datos estimativos de área y producción del café en Nariño).

Cuadro 4. Ventajas principales de los sistemas agroforestales con café y café en monocultivo

FACTORES DE IMPORTANCIA EN UN SISTEMA	SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ	CAFÉ EN MONOCULTIVO
ENFOQUE DE SISTEMAS	Diversificación de la productividad	Mayor productividad
COMPONENTES DEL SISTEMA	Facilitan las certificaciones Rainforest y SMBC ¹	Mayor densidad de plantas café por hectárea
BENEFICIOS DEL SISTEMA	Ingresos adicionales	Mayor ingreso neto
APORTE DE BIOMASA	Aumento de la M.O ² . del suelo	Residuos de cosecha (biomasa)
OPTIMIZACION DE NUTRIENTES EN EL SUELOS	Fijación de N y reciclaje de nutrientes	Menor pérdida de Fertilizantes de síntesis

Fuente: esta investigación

SMBC= SMITHSONIAN MIGRATORY BIRD CENTER¹

M.O. = Materia orgánica²

Además hoy en día Nariño tiene 599 fincas certificadas por el Rainforest, las cuales están distribuidas en 10 municipios, 7 al norte (La Unión, San Lorenzo, Taminango, San Pablo, Colon, Arboleda y Albán) y 3 al occidente (La Florida, Sandonà y Consacá) (FNC, entrevista al Ing. Ordoñez dependencia de certificaciones Rainforest en finca de Nariño).

Tabla 1. Ingresos totales (café y madera) obtenidos de los sistemas agroforestales y el café a libre exposición solar (Farfán ,2011).

Rubros	Sistemas			
	Café al sol	Café + Nogal	Café + Pino	Café + Eucalipto
Producción café (kg c.p.s ha ⁻¹) ¹	12.867,8	7.330,0	10.187,2	10.256,5
Producción madera (m ³ ha) ²	0	102,3	115,8	139,4
Producción equivalente de café x madera (kg c.p.s ha ⁻¹)	0	5.537,8	2.680,6	2.611,3
Ingreso por café (\$) ³	102.942.400	58.640.000	81.497.600	82.052.000
Ingreso por madera (\$) ⁴	0	3.580.500	3.474.000	4.182.000
Ingreso total (\$)	102.942.400	62.220.500	84.971.600	86.234.000

La producción de café en monocultivo fue significativamente mayor comparada con la producción de los demás sistemas, tan solo entre los sistemas agroforestales Café con Pino y Café con Eucalipto no se observan diferencias significativas.

El ingreso total del café en monocultivo es mayor también contrastado con los demás sistemas, lo cual quiere decir que en monocultivo el café ofrece mas rentabilidad; pero hay que tener en cuenta que no es sostenible este valor, después del 5 años de cosecha, la productividad se ve afectada disminuyendo en un porcentaje, lo cual directamente influyen en el ingreso total.

Tabla 2. Ingresos, egresos (\$) del café en sistemas agroforestales y en monocultivo (Suatunce *et al.*, 2009).

Tratamientos	Egresos (USD)	Ingresos (USD)	Beneficio Neto (USD)
Asociación			
Guayacán blanco + café	1,146.42	2,578.93	1,432.51
Laurel prieto + café	1,146.42	2,040.97	894.56
Teca + café	1,146.42	4,180.23	3,033.81
Fernansánchez + café	1,146.42	2,277.36	1,130.94
Café	743.45	1,814.00	1,070.55
Guayacán blanco	332.32	3,268.73	2,936.42
Laurel prieto	332.32	1,432.12	1,099.80
Teca	332.32	9,682.01	9,349.69
Fernansánchez	332.32	2,665.65	2,333.33

El beneficio neto se inclina hacia el sistema agroforestal Teca + Café (3,033.81 USD que equivale en pesos Colombianos a 5`651.988,03), siendo este mas rentable que el café en monocultivo (1,070.55 USD = 1`994.434,65 de pesos Colombianos y los demás sistemas agroforestales involucrados en este estudio.

5. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los estudios realizados la evaluación de la productividad del café (*C. arabica*) bajo sistema agroforestal y en monocultivo se basa directamente en la cantidad (kg de café pergamino seco por hectárea) enfocándose mas en la producción del monocultivo y dejando a un lado la productividad alcanzada en los sistemas agroforestales que actúan bajo un perspectiva sostenible.
- Aunque la productividad del café en monocultivo sea mayor que en sistemas agroforestales, no se debe obviar que estos últimos logran que el cultivo sea mas longevo.
- El establecimiento de sistemas agroforestales con café o monocultivo de café se deja a libre elección del agricultor, no se pretende influir a que elija uno de los dos, sino que el decida que quiere.
- Las investigación relacionadas con la productividad de sistemas agroforestales con café y monocultivo de café, muestran un valor superior en monocultivo de café, aunque si lo que se pretende es sostenibilidad de la finca y gestionar certificaciones de calidad, entonces se debe pensar en los sistemas agroforestales.
- Investigaciones que especifiquen la productividad de ambos sistemas de producción son escasas; se debe fomentar la idea de evaluar sistemas agroforestales con café que generen ingresos iguales al café en monocultivo.
- La productividad del café va muy relacionada con el sombreadamiento, la sombra excesiva puede causar disminución en esta.
- Se sabe que la productividad va muy relacionada con el comportamiento del sistema en general, cada componente dentro de un sistema juega un papel importante para dicho objetivo; si las interacciones dentro de un sistema tienden a ser más negativas, entonces no es productivo, lo cual indica que no se han tomado las consideraciones pertinentes.
- La productividad del café (*C. arabica*) en monocultivo bajo practicas orgánicas (sin la aplicación de productos químicos de síntesis) es menor frente a los sistemas agroforestales también manejado bajo practicas orgánicas.

6. RECOMENDACIONES

- A la hora de establecer el café bajo sombrío (sistemas agroforestal) se debe tener en cuenta algunos aspectos fundamentales que tienden a influir positivamente sobre la productividad, como por ejemplo; las especies adecuadas para la zona, estructura de los árboles, forma de la copa del árbol, densidad de árboles por hectárea, y el objetivo por el cual se decide establecer el sistema.
- Se recomienda tener muy clara la intención con la cual se va a establecer un sistema agroforestal, (ya sea para un beneficio económico, ecológico o social); para diversificar la producción en un sistema lo mejor sería sembrar especies con diferentes propósitos.
- Si se desea establecer sistemas agroforestales con café (*C. arabica*) en fincas, y conociendo que estos pueden reducir la productividad de los cafetales, es necesario tener en cuenta que la inclusión de árboles en fincas favorecen en la obtención de certificaciones de calidad, que le dan un valor agregado al café.
- Son recomendables los sombríos diversos, no sólo con árboles de varias especies, sino con varios individuos de cada una repartidos en los lotes, así se logra diversificar la productividad del sistema.
- En el cultivo de café (*C. arabica*) la productividad va muy relacionada con la fertilización, sobre todo en monocultivo, así que si se pretende cultivar café bajo términos orgánicos o prácticas orgánicas hay que tener claro que la productividad se reducirá, caso contrario para los sistemas agroforestales donde se evidencia que hay una mejor respuesta frente a las prácticas orgánicas con relación a la productividad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agrocadenas. 2005. La cadena del café en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Documento de Trabajo No. 59. Bogotá, Marzo de 2005. Online: [http://www.agrocadenas.gov.co- agrocadenas@ica.int](http://www.agrocadenas.gov.co-agrocadenas@ica.int).
- Cardona C., D. A.; Sadeghian KH. S. 2005. Evaluación de propiedades físicas y químicas de suelos establecidos con café bajo sombra y a plena exposición solar. *Cenicafé* 56(4):348-364.
- Carballal del Río E., 2006. Productividad. Conceptos modernos de productividad. Cuba. Consulta Octubre 2011. Online: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/productividadconceptos/
- Café de Colombia. 2010. nuestras regiones cafeteras. Online: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe/regiones_cafeteras/
- Café de Colombia. 2010. Pos-cosecha del café. Online: http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/post-cosecha/
- Enríquez L., Moreno M., 2007. Conocimiento local de sombra en cafetales. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal. La Unión, Nariño (Colombia). 55 p.
- Farfán V., F. 2011. Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café. Chinchiná, Caldas (Colombia). 395 p.
- Farfán V., F.; URREGO, B. 2004. Comportamiento de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis* como sombrío e influencia en la productividad del café. *Cenicafé* (Colombia) 55(4):317-329. 2004.
- Federación Nacional De Cafeteros De Colombia (FNC). Bogotá. Colombia. Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional Cafetera SICA. Estadísticas Cafeteras. Informe Final. Bogotá, FNC, 1997. 178 p.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC). 2011. Gerencial Comercial Inteligencia Competitiva. El Café de Colombia Contexto General. Caficultura Colombiana, Colombia sinónimo de Biodiversidad. 1-6 p.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC). 2011. Área cultivada de café en Nariño. Avance datos estimativos sobre producción.

- Sistema de Información Cafetera. 2007: Encuesta nacional cafetera SICA. Estadísticas Cafeteras. Bogotá.
- Federación Nacional De Cafeteros De Colombia (FNC). 2009. Área cultivada con café según nivel de tecnificación y número de productores. Septiembre. Online: <http://www.cafedecolombia.com/docs/presentacion.pdf>
- Fondo Para El Financiamiento Del Sector Agropecuario (FINAGRO) 2009. Cultivo del Café. Información sectorial. Online: http://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-240&p_options=#COSTOS.
- Fournier A. L. 1987. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol ò a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12(1): 131-146.
- Flores M., 1983. Técnicas modernas para el cultivo de café. Fundamentos botánicos, ecológicos y fisiológicos del cultivo de café y su relación en la productividad de una finca. IICA. Instituto salvadoreño de investigaciones del café. ISIC. Octubre 22. Nueva San Salvador, El salvador, C.A. 5, 6, 7,8 p.; Referencia IICA 633. 73 T255
- García F., A., 1996. Manual teórico-practico de administración de la producción ULA-Mérida, trabajo de ascenso. 30 p.
- Garfias S. R., 2002. Estructura y funcionamiento de sistemas agroforestales de la comuna de Pumanque, Chile. *Ciencias Forestales* Vol.16 N°1-2. Pp. 19-30.
- Gallego M.; Montoya j.; Armbrecht I., 2009. ¿Es la sombra benéfica para la diversidad de hormigas y peso del café? Una experiencia en pescador, Cauca, Colombia* ISSN 0123 - 3068 *bol.cient.mus.hist.nat.* 13 (2): 106 – 116.
- International coffe organization (ICO). 2011. Informe mensual sobre el mercado del café. Agosto.
- Montagnini F. 1992. *Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos.* 2da. edición. Costa Rica, Organización para Estudios Tropicales. 622 p.
- Montenegro G., Edilberto J., 2005. Efecto del aporte de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional, Turrialba, Costa Rica.

- Ortiz A., 2007. Café, manejo de sólidos y fluidos. Tecnología en alimentos. Universidad del valle. Cali. Colombia. e-mail: anglor37@hotmail.
- Sadeghian K., S. 2009. Calibración de análisis de suelo para N, P, K y Mg en cafetales al sol y bajo semisombra. Cenicafé 60 (1): 7-24.
- Saldias B., C. A., 2006. El sistema de información cafetera - SICA: herramienta de consulta planeación. Chinchiná (Colombia), Cenicafé,. (Seminario Agosto 11, 2006).
- Suatunce P.; Díaz G.; García L., 2009. Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*coffea arabica* L.) y en monocultivo en el litoral ecuatoriano. Ciencia y Tecnología 2(2): 29-34.
- Uribe H., A. Distribución anual de la cosecha de café. Avances Técnicos Cenicafé. (Colombia) No. 63:1-7. 1977.