

ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON EL CULTIVO DEL CAFÉ
(*Coffea arábica*)

MONOGRAFÍA

ERLY ALEXIA NOSCUE
CÓDIGO N° 52860556

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA INGENIERIA AGROFORESTAL
LA PLATA - HUILA
2014

ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON EL CULTIVO DEL CAFÉ
(*Coffea arábica*)

MONOGRAFÍA

ERLY ALEXIA NOSCUE

Trabajo presentado como proyecto de grado para obtener el título de
Ingeniero Agroforestal

Asesor del Trabajo de grado
JULIAN ANDRES PRADA, M.Sc.
Ingeniero: U.T.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA INGENIERIA AGROFORESTAL
LA PLATA – HUILA
2014

Nota de aceptación

Firma: presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

La Plata (Huila), 2014.

DEDICATORIA

La autora dedica la monografía a los profesionales, investigadores que aúnan esfuerzos en la búsqueda permanente de consolidar estrategias favorables al sector primario específicamente en el campo de los sistemas agroforestales.

A los pequeños y medianos productores de café en sus fincas y parcelas laboran y procuran implantar las innovaciones económicas especialmente en lo que concierne a la agroforestería en búsqueda de mayor eficiencia en la productividad y sostenibilidad del entorno ambiental.

A mi familia, en especial a Medardo quien me apoya incondicionalmente. Y a todos los cafeteros de Colombia que diariamente laboran con el cultivo en sistemas agroforestales.

Erly Alexia Noscue

AGRADECIMIENTOS

La autora de esta monografía presenta su especial agradecimiento A:

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD por promover el proceso de estudio de las Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente para facilitar la formación de nuevos profesionales y de esta manera permitir los avances científicos y tecnológicos específicamente en el cultivo de café (*Coffea arábica*) en un proceso innovador de adopción de los Sistemas Agroforestales.

A cada uno de los tutores que facilitaron el acceso al conocimiento en la Universidad Abierta y Distancia UNAD en el programa de Ingeniería Agroforestal por su dedicación y esfuerzo.

A todos y cada uno de los docentes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia que orientaron con la máxima calidad el proceso educativo.

Mil gracias.

ii RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo determinar la influencia de la adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arábica*); analizar la interacción entre el cultivo y las especies arbóreas que forman el sistema forestal y las ventajas y desventajas de la agroforestería en las plantaciones del café (*Coffea arábica*). Por medio de una revisión bibliográfica de artículos científicos, tesis y publicaciones de entidades encargadas de estudios del café como Cenicafé y la Federación de Cafeteros, se realizó una descripción taxonómica de la especie *Coffea arábica*, su historia donde se menciona los inicios de la llegada de los primeros cafetos a Colombia, expansión del producto dentro del país, valoraciones económicas del producto y la subida y recaída constante del precio del café.

Además de ello se menciona la definición y la importancia de la implementación de los sistemas agroforestales, los cuales permiten mejor conservación de los recursos naturales, biodiversidad y reducción en la aplicación de insumos y de esta forma contribuye a reducir costos y a maximizar utilidades. Es importante hacer alusión a las consideraciones jurídicas que permiten entender que en este momento en el mundo, la producción debe ir de la mano de la sostenibilidad y la integridad del ambiente, para ello la constitución del 1991 maneja leyes que exigen a los productores y los Ministerios de Agricultura aplicar leyes que sigan la llamada "producción limpia". Al aplicar una agricultura sostenible, en este caso al implementar los SAF, permite mitigar la transformación de los recursos naturales que se ha generado por la acelerada ampliación de la frontera agrícola, que ha llevado a talas indiscriminadas y a la pérdida de la biodiversidad. Los SAF generan grandes bondades para la conservación de los recursos naturales. En consecuencia no es un imposible optar por esta opción ya que contribuye de manera eficiente a la conservación de la naturaleza y a la vez produce resultados favorables a los pequeños y medianos productores, quienes obtendrán múltiples beneficios a través de la adopción de los SAF en sus cultivos de café (*Coffea arábica*), tales como certificaciones en cafés especiales.

ii.ABSTRACT

The study aims to determine the influence of the adoption of agroforestry systems with coffee plantations (*Coffea arabica*); analyze the interaction between crop and tree species forming the forest system and the advantages and disadvantages of agroforestry plantation of coffee (*Coffea arabica*). Through a literature review of scientific papers, theses and entities publications studying coffee as Cenicafé and Coffee Federation, a taxonomic description will be made of the species *Coffea Arabica*, its history where the early arrival of mentioned the first coffee trees Colombia, product expansion within the country, economic valuations of the product and the rise and steady fall in coffee prices.

Moreover the definition and importance of the implementation of agroforestry systems is mentioned, which allow better conservation of natural resources, biodiversity and reduction in input use and thus helps to reduce costs and maximize profits. It is also important to refer to the legal considerations for understanding at this point in the world, the production must go hand in hand with sustainability and environmental integrity, for it manages the constitution of 1991 legislation requiring producers and Ministries of Agriculture enforce laws that follow the call cleaner production. When applying sustainable agriculture, in this case to implement agroforestry systems, can mitigate the transformation of natural resources that has been generated by the accelerated expansion of the agricultural frontier, which has led to indiscriminate felling and loss of biodiversity. The SAF generate large benefits for the conservation of natural resources. Consequently there is a opt for this option because it contributes effectively to the conservation of nature means impossible and it produces favorable results to small and medium producers who obtain multiple benefits through the adoption of SAF in their crops coffee (*Coffea Arabica*), such as certifications in specialty coffees.

INDICE

ii RESUMEN	6
iii. ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
4.TAXONOMÍA DEL CAFÉ (<i>Coffea arábica</i>)	18
4.1 Historia Del Café (<i>Coffea Arábica</i>).....	18
5. SISTEMA AGROFORESTAL	23
5.1. Definición.....	23
5.2. Importancia de los SAF.....	23
5.3. Consideraciones Jurídicas de los SAF.....	24
6. POTENCIALIDADES DE LA AGROFORESTERIA.....	25
6.1. Ventajas de los SAF.....	25
6.2. Desventajas de los SAF.....	27
7. PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS ECOSISTEMAS AGROFORESTALES	28
7.1. Servicios Eco sistémicos.....	28
7.2. Producción limpia... ..	30
8. SISTEMAS AGROFORESTALES CON EL CULTIVO DEL CAFÉ (<i>Coffea</i>	

<i>arábica</i>).....	32
9. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS AGROFORESTALES	36
9.1 Sistemas de producción de café (<i>Coffea arábica</i>).....	39
9.2 Características de un árbol para sombra de café.....	43
9.3. Transferencia de nutrientes en los SAF con café (<i>Coffea arábica</i>).....	46
 10. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CAFÉ (<i>Coffea arábica</i>)	 48
10.1. Influencia del desarrollo sostenible sobre la certificación del café.....	50
 11. ESTUDIOS REALIZADOS EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (<i>Coffea arábica</i>) CON SAF.....	 53
 CONCLUSIONES	 57
BIBLIOGRAFIA	58
ANEXOS.....	68

LISTA DE TABLAS

TABLA N° 1. Impacto de la falta de árboles de sombrío en los cafetales.	38
TABLA N° 2. Implicaciones del sombrío en la producción y calidad del café.....	39
TABLA N°3. Arboles maderables en cultivos de café (<i>coffea arábica</i>) fuente, oficina nacional forestal, costa rica .2013.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Mapa Cafetero de Colombia fuente: FNC,2002	20
Figura N° 2. café, por debajo de los costos de produccion. Fuente: La Patria, Manizales 2012.....	22
Figura N° 3. cultivo de café con sombrío tradicional diverso,Fuente: periodico la patria 2012	35
Figura N°4. cultivo de café con sombrío diverso tecnificado. Fuente: Farfán, Cenicafé 2012.....	34
Figura N° 5. sombrío de café en estrato simple. Fuente: Farfán, Cenicafé 2012. .	35
Figura N°6. sombrío de café en multiestrato. Fuente: Farfán, Cenicafé 2012.....	35
Figura N°7. Ecotopos cafeteros de Colombia, fuente: Federación Nacional de Cafeteros 2000.	39
Figura N° 8. Distribucion del area de café tadicional y tecnificado en colombia fuente: Farfan 2012.....	43
Figura N°9. procesos que favorecen la disponibilidad de nutrientes, para el cultivo de café bajo sombra de arboles. Fuente: Anacafe,2004.....	47
Figura N°10. Beneficios obtenidos de los árboles en fincas cafeteras fuente: Farfán, Cenicafé, 2012 ,.....	49

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico N°1. <i>Participación de las Exportaciones de Café en el total de Exportaciones, Fuente DANE.</i>	22
--	----

INTRODUCCIÓN

Se evidencia que los desafíos de la caficultura, intrínsecamente vinculados al contexto social y ambiental requieren de una base científica que permitan la comprensión de interacciones en los agroecosistemas y la sostenibilidad con proyección hacia el futuro (Beer *et al.*, 1998). Conforme a ello el sector primario, en el país ha mantenido solidez económica a partir de la producción y comercialización tanto en el mercado interno como externo del café (*coffea arábica*), sin embargo los costos en Colombia no son solo caída de precios sino problemas en los sistemas de producción por la carencia de técnica que producen deterioro del Medio Ambiente, pérdida de la biodiversidad, reducción de interacciones ecológicas y contaminación, daños que han sido producidos por el uso de plaguicidas, fungicidas y abonos químicos, en los cultivos para controlar plagas como el minador (*Leuconptera coffella*), la broca (*Hypothenemus hampei*) entre otras, y enfermedades de importancia económica como la roya (*Hemileia vastatrix*), generando al mismo tiempo efectos colaterales en los seres vivos como intoxicaciones; y en el ambiente como contaminación en agua, aire, suelo, muerte de organismos benéficos entre otros; afectaciones dadas por su mal uso en el cultivo tradicional. Es importante destacar que los SAF mejorarían significativamente estos efectos ya que ellos permitirían mitigar los impactos antes mencionados ayudando a mantener e incrementar la producción, la calidad de los recursos y el bienestar humano (Haggar y Staver, 2002).

La Adopción de los Sistemas Agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arábica*), se plantea desde una proyección nueva, innovadora y favorable porque contribuye al desarrollo sostenible y a la conservación de los múltiples beneficios en sus funciones ambientales, productivas, socioeconómicas, biológicas, etológicas, protectoras, culturales, recreativas, estéticas y escénicas e igualmente los árboles de sombra influyen de manera significativa sobre el crecimiento

vegetativo, la floración y la carga de frutos de los cafetos (Angrand, 2002).

La presente monografía se enfoca precisamente en priorizar la importancia y trascendencia de los sistemas agroforestales en el cultivo del café, para que se procedan de conformidad a su implementación y de esta forma se contribuya a generar el desarrollo integral, equilibrio sostenible, equidad, productividad, respeto y valoración del Medio Ambiente y de sus recursos y que se entienda que no solo es importante obtener beneficios económicos a corto plazo, sino fundamentar proyección prospectiva, es decir, desde el presente hacia el futuro para el bienestar de las futuras generaciones tanto en el área rural como urbana.

Esta tarea debe asumirse con responsabilidad por los productores, las instituciones, las políticas públicas en el sector primario y de manera precisa en el cultivo de café (*Coffea arábica*) con sistemas agroforestales (SAF), dado que en la mayoría de las regiones tropicales, los SAF de tipo tradicional se consideran policultivos multiestratificados, en donde la diversidad de especies de árboles con fines múltiples funciona como sombra a los cultivos como café (Raintree, 1989), garantizando un microclima adecuado que conlleva a la conservación tanto de los componentes que habitan en el sistema ya sean bióticos y abióticos como del cultivo a explotar en este caso el café, obteniéndose una mejor calidad del producto y un manejo integral con el medio ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de la adopción de sistemas agroforestales en el cultivo de café (*Coffea arábica*).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la interacción entre el cultivo del café (*Coffea arábica*) y los sistemas agroforestales con sus respectivas características fenológicas y fisiológicas.
- Identificar a través del análisis de los diferentes artículos bibliográficos, las ventajas y desventajas de la agroforestería con el cultivo del café (*Coffea arábica*).
- Reconocer por medio de las investigaciones aplicadas cual es la mejor estrategia para aplicar la agroforestería en los cultivos de café (*Coffea arábica*).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El territorio Colombiano es considerado como un lugar megadiverso debido a que alberga el 14 % de la biodiversidad mundial y comprende una gama de sistemas ecológicos, climáticos y bióticos. Pero a pesar de su alta riqueza, se ha visto afectada en los últimos años por la acelerada transformación de los ecosistemas naturales en usos agropecuarios y agrícolas (Muerza, 2010)

El cultivo de café es un ejemplo de los cultivos agrícolas que se llevan empleando en el país desde el siglo XVIII hasta la actualidad, la transformación de los paisajes nativos por la intensificación de los monocultivos de café que conllevan a la deforestación y contaminación por pesticidas, ha sido la principal causa de la pérdida de la biodiversidad, heterogeneidad de ecosistemas y cambios en la estructura vegetal (Guhl, 2004; Díaz, 2001).

El acelerado crecimiento de la producción de café conlleva a pasar de 1100-1500 árboles por hectárea a 4000-7000 árboles por hectárea, incrementando la utilización de químicos y la exposición de las plantas a rayos de sol directo, que permitían según los expertos obtener mayor rendimiento de las variedades de café empleadas, formándose así los "monocultivos" intensivos que vienen a reemplazar los ecosistemas diversos. A esto se le llama la modernización del café, donde en Colombia el 68 % del cultivo del café se realizaba en hileras estrechamente apiñadas bajo luz solar directa y en otros países como Costa Rica este método solo representa el 40 % (Moquel y Soto, 2000).

Esta práctica según estudios realizados en Colombia por el Smithsonian Migratory Bird Centre, indica que en los cultivos de exposición directa al sol se presenta 90 % especies menos de aves con relación a las plantaciones de café bajo sombra, debido a que el cambio en la estructura del paisaje genera una pérdida de hábitat, de sitios de alimentación y reproducción que en el caso particular que se está

mencionando lleva a la reducción de la diversidad de las aves (Moguel, 1996). Además de ello los cultivos de café con exposición solar dependen de una creciente utilización de pesticidas y fertilizantes químicos, que no solo afectan la flora y la fauna, sino la salud de los agricultores, así como calidad del suelo y del agua. En contraste los cultivos de café bajo sombra generan un microclima que es propicio para mantener un hábitat adecuado para especies que pueden actuar como controladores biológicos como las aves, insectos y mamíferos, además de ello mejora la calidad de suelo y se evita la contaminación del agua debido a que se reduce el empleo de agroquímicos (Pujol *et al.*, 1998).

Debido a toda la problemática presentada anteriormente acerca del manejo del cultivo de café y donde se considera que es necesario volver a costumbres tradicionales donde el café se asociaba con especies de plantas maderables y/o frutales, surge la siguiente pregunta para el desarrollo de este trabajo.

¿Cuál es la influencia que presenta la adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arábica*)?

Esto con el fin de recopilar información que más adelante nos pueda dar una perspectiva de que ventajas y desventajas trae el implementar sistemas agroforestales con el cultivo de café (*Coffea arábica*).

4. TAXONOMÍA DEL CAFÉ (*Coffea arábica*)

Rodríguez (2002), define la taxonomía como ciencia que expone los principios, métodos y fines de la clasificación, generalmente científica; y esta se aplica, en especial, dentro de la biología para la ordenación jerarquizada y sistemática de los grupos de animales y de vegetales y en este caso concreto del café.

Iriarte (2014), menciona que para la realización de un estudio en este caso con la especie *Coffea arábica* se determinó fundamentalmente los siguientes elementos básicos en cuanto a su taxonomía:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Gentianales

Familia: Rubiaceae

Género: *Coffea*

Especie: *Coffea arábica*.

4.1 Historia Del Café En Colombia

No es claro ni preciso el momento del ingreso exacto del café (*Coffea arábica*) a Colombia, aunque algunos argumentan que los primeros cafetos llegaron de Guayana Holandesa al Orinoco y fueron transportados por los jesuitas hacia 1723. Los datos históricos señalan que los Jesuitas en 1730, trajeron semillas a la nueva granada; otros datos indican que las semillas del café las trajo un viajero que llegó por la parte oriental del país procedente de las Guyanas, pero existen otras evidencias en el libro *El Orinoco Ilustrado* (1730) del sacerdote jesuita José Gumilla, donde se registró la presencia del café en la desembocadura del río meta

y el arzobispo--virrey Caballero y Góngora (1787) registro un cultivo en las regiones cercanas a Girón (Santander) (Federación Nacional de Cafeteros, 2010).

El café (*coffea arábica*) fue cultivado con fines comerciales inicialmente en las islas francesas (1720) y luego fue conocido en Venezuela y Costa Rica, la llegada a Colombia fue un poco tardía, sus inicios se dieron primero en escala comercial en los valles de Cúcuta y luego paso a Santander del norte y se extendió hasta el sur a lo largo de la vertiente de la cordillera de Bogotá, posiblemente los campesinos y pequeños productores iniciaron el proceso de forma tradicional; es decir talando el bosque nativo y procediendo a sembrar los cafetos de manera poco tecnificada porque no se conocían otros medios para hacerlo y además no se generaba un proceso con excedentes; es decir para exportación (Narváez, 2000).

No es fácil determinar el proceso de introducción de este cultivo en el ámbito nacional, sin embargo su desarrollo se produjo en el país de manera exitosa, cultivándose en las diferentes regiones de Colombia, especialmente en la región andina en donde se encuentra más del 80 % de los cultivos del café del país distribuidos principalmente en el eje cafetero, en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Antioquia y los departamentos de Huila, Cauca entre otros, como se observa en la figura No. 1.

Para Santos (2010), Colombia tuvo un área de café de 890.000 hectáreas con un número de 3.622 millones de cafetos, una producción entre 1998 y 1999 de 10.9 millones de sacos de 60 kilogramos de café verde con un valor de exportación de 1.548 millones de dólares con 583 municipios productores de café, una población de fincas cafeteras de 2 millones de personas, 423 mil hogares, 566 mil productores cafeteros y un aporte al PIB total de 3.5%.



Figura 1: Mapa Cafetero de Colombia. Fuente Instituto Geográfico Agustín Codazzi
 Federación Nacional de Cafeteros. 2002

Sin embargo, en la realidad económica se presentan ciclos; de prosperidad, recesión, depresión, (Ramírez y Domingo 2000), en el caso del café, se puede observar como a inicios de 1997 su participación equivalía al 20% de las exportaciones y en el 2010 fue de un 4% según el DANE, lo que indica que la participación en exportaciones tuvo un descenso del 16 %, pasados 13 años, como se observa en el gráfico No. 1.

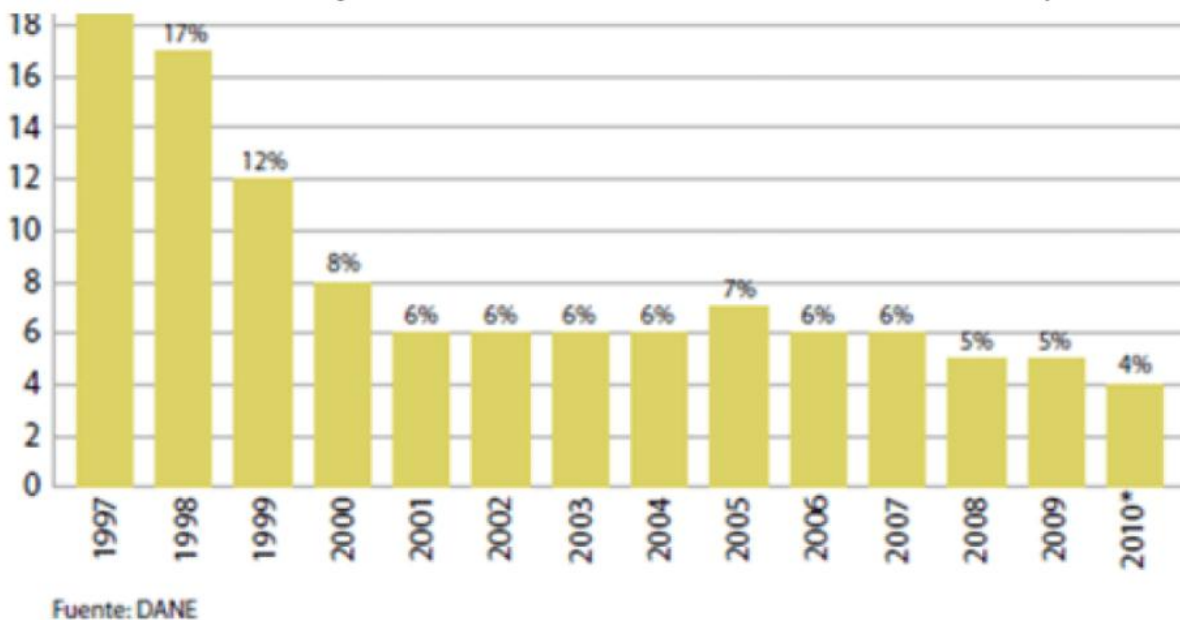


Grafico 1: Participación de las Exportaciones de Café en el total de Exportaciones, Fuente DANE,2012

Otro aspecto importante a resaltar fue la caída del precio ocasionado en cierta medida, por la mayor oferta del producto de otros países, estos generaron bajos niveles de precio afectando a los caficultores que recibían menos ingresos por su producto; además de la excesiva oferta, otro aspecto que generó la disminución del precio, fue el comportamiento del precio interno de compra del café, pues aunque este no obedecía a situaciones internas de escasez, si influía de manera significativa el precio que es calculado de acuerdo a la cotización en la Bolsa de

Nueva York, la cotización del dólar del día en Colombia y el diferencial o prima que se paga por calidad, todos estos factores provocaron innumerables perdidas a los productores quienes tuvieron que vender sus cosechas por debajo de los costos de producción, los cuales oscilan entre 500 y 700 mil pesos como se observa en la (Figura No. 2)

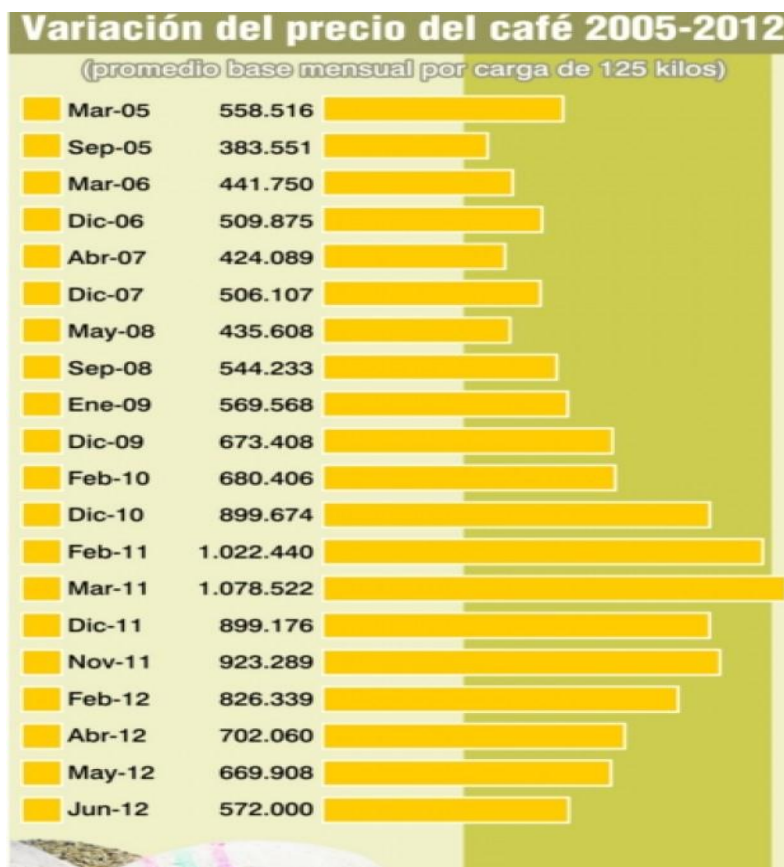


Figura N°. 2 Café, por debajo de los costos de producción, fuente: periódico la patria de Manizales 2012

5. SISTEMA AGROFORESTAL

5.1 Definición

Nair (1993), define a los sistemas agroforestales como formas de uso y manejo de los recursos naturales en las cuales especies leñosas árboles y arbustos, son utilizadas en un ámbito sostenible al desarrollo de cultivos agrícolas y/o animales produciendo interacciones ecológicas y económicas entre los componentes .

Teniendo en cuenta la anterior definición, Farfán (2012), define un sistema agroforestal cafetero, (SAFC) , como una serie de prácticas efectuadas con el café que permite asociar especies arbóreas con este cultivo, posibilitando de esta manera la conservación del suelo, el agua y la proyección en aumento de la producción, facilitando mejor nivel de vida y desarrollo social de las familias de pequeños y medianos productores que se dedican al cultivo del café y a la vez permitir la sostenibilidad ambiental.

5.2 Importancia de los SAF.

Los sistemas agroforestales según Jiménez *et al.* (2001), son importantes para la obtención de productos y servicios. A los productos esperados para la cosecha, en nuestro caso particular el café, se pueden añadir arboles destinados a aprovechamiento como leña, carbón, alimentos, forraje y frutos, además de ellos se pueden obtener en estos cultivos manejados, resinas, gomas, taninos, aceites esenciales y fibras. Esta asociación entre el cultivo y las especies maderables y/o frutales, genera diferentes servicios ecosistémicos tales como la conservación del suelo, control de erosión, mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales y por ende la productividad, moderar microclima protegiendo cultivos y animales, aumentar la estabilidad de producción, proveen de habitas para mantener la biodiversidad (controladores biológicos, aves, mamíferos), reducir el daño causado por plagas y enfermedades, mejorar la calidad de producto, reducir gastos en insumos y contaminación de los cuerpos de agua, mantener la materia orgánica y la fertilidad del suelo.

5.3. Consideraciones Jurídicas de los SAF

Santos (2010) en su Plan de desarrollo 2010- 2014, prosperidad para todos, hace énfasis en el proceso de sostenibilidad para el crecimiento competitivo del país y plantea precisamente la necesidad de innovar y esto no, en el sentido de crear nuevos productos, sino procurar transformar los existentes y desarrollar procesos de gestión y organización, para obtener un valor agregado en la cadena productiva, viable en el sector cafetero con la caficultura.

Consecuentemente con lo anterior y según, Constitución Política (1991), cita que el estado promueve proteger la diversidad e integridad del ambiente, así mismo que la conservación de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Según, la ley 1377 (2010), por medio de la cual se reglamenta la actividad de reforestación comercial y específicamente el artículo 2° hace una definición de la actividad forestal con fines comerciales, el SAF, el vuelo forestal , menciona el certificado de incentivo forestal y la remisión de movilización, a si mismo menciona las atribuciones que tiene el ministerio de agricultura y desarrollo rural, como organismo rector de la producción agropecuaria, forestal y pesquera, es la única entidad competente para formular las políticas del sector forestal comercial y sistemas agroforestales, así como el otorgamiento y reglamentación del Certificado de Incentivo Forestal, CIF, para apoyo de programas de reforestación comercial.

Y para fomentar esa dinámica de la ley, el sector primario con el fin de posibilitar la relación productiva del café en el sistema agroforestal, en el marco jurídico de las leyes colombianas contribuyen en este aspecto cuando asignan que es: la función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la nación a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible como lo plantea la ley 99 de 1993. (Ley General Ambiental de Colombia 1993)

6. POTENCIALIDADES DE LA AGROFORESTERÍA

Las actividades agroforestales permiten un modelo productivo asociado con plantaciones forestales para la producción de madera y actividades agrícolas como ocurre con los cultivos de café (*Coffea arábica*) estas actividades generan un sinnúmero de servicios ambientales como la conservación de suelos, mantenimiento de cobertura vegetal entre otros, basándose en prácticas de obtención de bienes ambientales tangibles, utilizados por el ser humano como insumos de producción y al mismo tiempo consumo final de los mismos (Sanabria, 2010). El propósito fundamental de la agroforestería es diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad y esto se puede aplicar al cultivo del café (*Coffea arábica*) (Figueroa ,2009).

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (2009), menciona que con la implementación de los SAF, buscan mejorar la productividad y eficiencia en las interacciones lo cual permite reducir costos en los insumos y garantizar menores inversiones y mayores utilidades a los caficultores, y con el fin de identificar las potencialidades de su aplicación, es necesario identificar sus ventajas y desventajas.

6.1. Ventajas de los SAF

Según Burley y Speedy (1998), como todo proceso que se pretenda diseñar o aplicar en el sector primario trae ventajas dentro de las cuales es viable mencionar:

- ✓ En los SAF existen interacciones tanto ecológicas como económicas y fitosanitarias entre los diferentes componentes.

- ✓ Lograr un sinergismo entre los componentes el cual conduce a mejoras netas en un o más rangos de características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales y no-comerciales.
- ✓ Como ciencia, es multidisciplinaria y a menudo involucra la participación de campesinos o agricultores en la identificación, diseño y ejecución de las actividades de investigación.
- ✓ Permite mejorar el espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema, posibilitando la atenuación de temperatura extrema, reduciendo la evapotranspiración.
- ✓ Mejora la protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial) igualmente, aumenta posibilidades de fijación de nitrógeno atmosférico.
- ✓ Mantiene la estructura y fertilidad del suelo: aportando materia orgánica y mejorando la actividad biológica, reduciendo la acidez, y mejorando una mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (especialmente en áreas de escasa humedad), contribuyendo a recuperar suelos degradados.
- ✓ Figueroa, (2009), también afirma que los SAF incentivan productos adicionales como: madera, frutos, leñas, hojarasca, forraje, y servicios que se ven reflejados en el aumento de la diversidad de hábitat, mejor manejo de plagas y enfermedades y por medio de las buenas prácticas agrícolas se protege el medio ambiente.

6.2. Desventajas de los SAF

No todos los aspectos son positivos, también se presentan algunas desventajas, Las investigaciones y experiencias presentadas, ofrecen conocimientos, técnicas y saberes que permiten avanzar en la construcción de un nuevo paradigma de productividad sustentable, fundada en el potencial productivo de los ecosistemas de diferentes regiones, incrementado por el diseño de tecnologías mejoradas que a la vez producen impactos negativos sobre el ambiente (Krishnamurthy, Uribe Gómez, 2002)

- ✓ Disminución de producción de los cultivos principalmente cuando se aplican las malas prácticas; utilizando demasiados árboles o especies incompatibles.
- ✓ Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
- ✓ Mal manejo en la extracción de los productos o subproductos de los SAF.
- ✓ Afectación del cultivo a causa de la competencia, de nutrientes, luz y agua.

Para Mendieta y Rocha (2007), al realizarse un análisis comparativo entre las ventajas y desventajas de los SAF, se observa que en cuanto a las ventajas se encuentran factores favorables de productividad, sostenibilidad y adaptabilidad lo cual genera un impacto ambiental favorable en el proceso de sistemas agroforestales en las diferentes interacciones de cultivos.

6. PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS ECOSISTEMAS AGROFORESTALES

Existe una marcada preocupación internacional por la recuperación de los recursos naturales, la escasez de alimentos y leña, la contaminación y otros problemas ecológicos y sociales, lo cual ha llevado a la búsqueda y a un mayor interés de implementar la agroforestería en las diferentes regiones, con el fin de contrarrestar un poco esta problemática, pero con la plena certeza de saber que su implementación no puede resolver por sí sola la problemática de producción y manejo de recursos naturales y que su contribución se da en superar algunos problemas biofísicos, socioeconómicos y ambientales, enmarcados en tres aspectos importantes como son, brindar servicios ecosistémicos con el fin de proteger y estabilizar los ecosistemas y agro ecosistemas, producir bienes de valor económico(alimentos, combustible , madera, forraje etc.) y brindar empleo estable con mayores ingresos para la población rural (Jiménez et al 2001)

7.1. Servicios Ecosistémicos.

Dentro de los servicios ecosistémicos importantes en la implementación de los SAF, se encuentra el utilizado para manejo y conservación de la vegetación, como por ejemplo; al sembrar diferentes especies de árboles, aumenta la diversidad genética vegetal, al mismo tiempo juega un papel importante en el ciclo global del carbono, lo cual se logra mediante la acumulación del carbono en la biomasa tanto en raíces vivas o muertas como en la biomasa aérea. Los aportes ecológicos de los SAF se ven reflejados en la conservación de nutrientes en los ecosistemas y en el aumento de la disponibilidad de algunos, como es el caso del nitrógeno en el suelo superficial , ya que los arboles proveen estos nutrientes mediante dos vías , una de ellas es la fijación biológica por bacterias asociadas a las raíces y el otro caso se da por la absorción de diferentes formas de

nitrógeno de capas profundas del suelo a donde las raíces de los cultivos no llegan, haciendo que los árboles, incorporen estos nutrientes en su biomasa, la cual al descomponerse los libera en capas superficiales del suelo, haciendo que estos sean disponibles para los cultivos asociados (Beer et al, 2003)

Otro servicios que se puede encontrar en la implementación de los SAF, es el que se refiere al manejo y conservación del suelo incluyendo dos aspectos fundamentales como son el control de la erosión y el mantenimiento o mejoramiento de la fertilidad, la agroforestería muestra su principal potencial para controlar la erosión, y la capacidad de mantener una cobertura vegetal en el suelo, mientras que su mayor potencial en el mejoramiento de la fertilidad se da en el aporte de materia orgánica y nutrientes (Jiménez et al 2001)

Otro servicio importante es el de la implementación de la agroforestería para el manejo y conservación del agua, los árboles de los SAF ejercen una influencia sobre el ciclo del agua aumentando la lluvia, la interceptación de nubes, la retención del agua en el suelo, la transpiración, la reducción del escurrimiento y el aumento de la filtración, evitando la escorrentía superficial, los SAF pueden reciclar nutrientes de una forma conservadora evitando su pérdida por la filtración de nutrientes, lo cual hace que estos reduzcan la contaminación del agua del suelo por los nitratos y otras sustancias perjudiciales para el medio (Bharati et al., (2002).

Los SAF también pueden desempeñar una función importante en la conservación de la diversidad animal y vegetal sobre todo por vía preventiva y dentro de los paisajes deforestados y fragmentados proporcionando hábitats y alimento para muchas especies de animales incluyendo aves, insectos y otras especies de vida silvestre, manteniendo la conexión del paisaje (y, de tal modo, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen), lo cual mejora las condiciones de vida

del paisaje, convirtiéndose la agroforestería en el modelo más factible, para imitar la sucesión natural y aumentar la biodiversidad de los ecosistemas (García, 2012)

Zuluaga, Giraldo y Chará J. (2011), señalan que los SAF además de prestar servicios ambientales entregan beneficios que son valorados por la sociedad en forma económica, política o cultural conocidos como, sistemas sostenibles de producción, tecnologías limpias, mercados verdes, agroturismo y ecoturismo y en esquemas de pago o compensación, lo cual hace interesante el señalar la importancia de valorar más el factor ambiental.

7.2. Producción Limpia

El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP), define la producción más limpia (PmL) como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, con el fin de reducir riesgos humanos y al medio ambiente. En los procesos productivos se orienta hacia la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materiales tóxicos y la reducción de las emisiones contaminantes y los desechos (Ministerio de Medio Ambiente, 1997.)

En Colombia la política nacional de producción más limpia, fue formulada por el Ministerio de Medio Ambiente y aprobada por el Consejo Nacional Ambiental en agosto de 1997. Esta política se basa en la premisa “Qué podemos hacer para no generar residuos”, principio de prevención y avance ambiental frente al método de hace 15 años de “el que contamina paga” (Federación nacional de cafeteros, 2010). Sobre el principio de prevención se fundamenta la producción más limpia en la práctica, a nivel del sector cafetero se basa en ahorrar recursos y materias primas, como fertilizar con base en análisis de suelos, ahorro en el consumo del

agua; también se genera un ahorro de costos de tratamiento, referidos a realizar manejo integrado de arvenses, adoptar el manejo integrado de la broca y roya, y además de ello la PmL permite modernizar la estructura productiva visto en el manejo de edades y densidades (renovación), y la infraestructura de beneficio ecológico y secado del café (Cenicafe, 2009).

Las regiones que adoptan las medidas de prevención y las políticas de producción más limpia pueden tener beneficios que los motivan como: ser amigable con el medio ambiente, desarrollo Sostenible, mejor competitividad, garantía de continuidad de la actividad productiva, mejoramiento de la eficiencia en los procesos productivos, cumpliendo de la normatividad ambiental y disminución de inversiones en sistemas de control del proceso (Federación nacional de cafeteros, 2010).

Los caficultores han venido empleando paulatinamente las prácticas de producción más limpia en Colombia, como es el caso de 400 empresas cafeteras del Departamento de Risaralda, quienes realizaron el tratamiento de aguas residuales, manejo integrado de residuos sólidos, conservación de fuentes hídricas, conservación de ecosistemas, protección de la vida silvestre, manejo y conservación del suelo, logrando avances importantes a nivel departamental ya que al certificar 275 empresarios cafeteros con sellos para cafés especiales, se le dió la oportunidad a más familias cafeteras de acceder a mercados especializados y de obtener primas o premios por su producto (Centro Regional de Producción Más Limpia, 2007).

8. SISTEMA AGROFORESTAL CON EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arábica*).

Durán (2004) y Sánchez (2003), definen un sistema agroforestal como un manejo sostenible de los cultivos y los suelos, en cual busca aumentar los rendimientos en forma continua, combinando la producción de las especies arbóreas con cultivos de valor económico, como el café (*Coffea arábica*), esto aplicando también prácticas de manejo compatibles con las prácticas culturales de la población local. Según Nair (1993), los SAF, son aquellos sistemas de uso de la tierra donde especies contribuyen dentro de un ámbito sostenible al desarrollo de cultivos agrícolas y animales, donde se producen interacciones ecológicas y económicas entre los componentes que son resultado de los arreglos espaciales y temporales. La asociación entre árboles y cultivos, como es el caso de los cafetales en sistemas agroforestales no debe causar pérdidas en la productividad, por más que sea un servicio ambiental, el fin es integrar la forestería y la agricultura apoyándose en el conocimiento tradicional rural e incluyendo nuevas tecnologías al sector productivo (Wadsworth, 1997).

Se tiene conocimiento que en Colombia el cultivo de café se planta a plena exposición solar, pero algunas plantaciones establecidas presentan algún tipo de cobertura arbórea, (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1997). La ventaja de emplear cafetales con sombrío es que permite ejercer un control sobre el agua, lo cual permite mitigar los efectos en periodos de déficit hídrico sobre la producción, con el propósito de conservar la humedad del suelo en épocas secas, en el caso específico del fenómeno climático del niño, que afecta en gran cantidad a los cafetos que no están protegidos por este sistema agroforestal, evita el marchitamiento de las plantas, reduce la pérdida de hojas, y evita otros efectos negativos que afecten la producción; también al emplear el sistema se puede mantener la fertilidad del suelo, se reduce su erosión, se genera el reciclaje de nutrientes y se aporta materia orgánica (Beer, 1987; Camargo y Pereira, 1994). Además, según Kiara y Naged (1995), los árboles de sombrío pueden favorecer el

aumento de la diversidad de flora como de fauna.

Los estudios detallados sobre el sistema cafetalero bajo sombra, proporciona información sobre mejor sostenibilidad y mayor estabilidad con respecto al que se hace a pleno sol, ya que en el primero existe mayor biomasa, cantidad de nutrientes, alta biodiversidad, menor número de malezas, de insectos dañinos, mayor balance hídrico y micro climático (Moguel y Toledo, 1996., Escamilla *et al*/ 2005) . Espinoza *et al.* (2012) afirman que los sistemas agroforestales, en nuestro caso particular en café (*coffe arabica*), también pueden convertirse en importantes reservorios de carbono, pero estos mismos dependen de la productividad, la finalidad para la cual se hayan diseñado y las condiciones ambientales bajo las que se desarrollan.

Debido a que es importante la regulación de sombrero, para mantener los porcentajes de sombra dentro de un rango optimo, para evitar la reducción de la producción del Café (*coffe arabica*) se presentan diferentes arreglos que representan el orden de los componentes en el espacio y tiempo y disposiciones que se refieren a las estratificaciones de los componentes dentro del sistema, acordes a la necesidad del caficultor tales como (Torquebiaeu, 1993):

Mixto: Es un arreglo donde los componentes fueron establecidos de manera deliberada en los lotes, no están dispuestos geométricamente (Figura, 3), como es el caso de la caficultura tradicional (Federación Nacional de Cafeteros, 1997; Rice, 1997; Perfecto *et al.*, 1996)



Figura N°3 Cultivo de café con sombrero tradicional diverso, fuente: Farfán, Cenicafé 2012.

Zonal: En este arreglo, los componentes están organizados geométricamente dentro del lote (Figura, 4). En el caso particular del café (*Coffe arabica*) se emplea una sombra de forma sistemática, buscando un nivel de sombrero óptimo con arreglos espaciales definidos. Los géneros *Inga*, *Alizzia* y *Erythrina* son las especies arbóreas comúnmente empleadas para sombrero (Federación Nacional de Cafeteros, 1997; Rice, 1997).



Figura N°4 Cultivo de café con sombrero diverso tecnificado, fuente: Farfán, Cenicafé 2012.

Respecto a la disposición puede ser simple o en multi estratos.

Estratos simples: en esta disposición solo hay una capa de árboles. Por ejemplo

café con sombrío de guamo, carbonero o cámbulo (figura, 5).

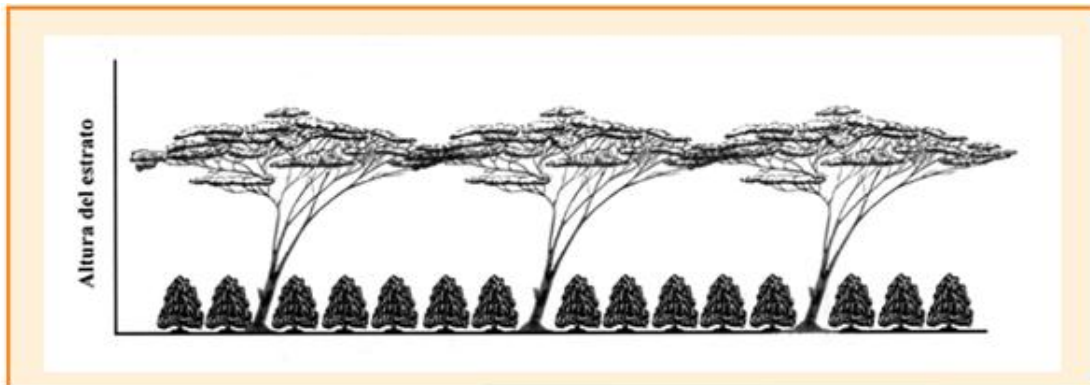


Figura N° 5 Sombrío del café en estrato simple (*Inga* sp.).

Multiestratos: Se refiere a varias capas de árboles en disposición estratificada, en café con sombrío se pueden establecer diversas especies simultáneamente (figura, 6).



Figura N° 6 Sombrío del café en multiestrato (*Inga* sp. + *Albizzia* sp. + *Erythrina* sp., otros).

Al establecer el café con sombrío en diferentes arreglos y disposiciones, puede mejorar la calidad de los cafetos y beneficiar a los productores en su participación en algunos mercados de cafés especiales, por ejemplo: cafés orgánicos, cafés amigables con las aves, cafés aliados de los bosques o cafés de conservación, entre otros. (Muschler, 2000; Orozco y Jaramillo, 1978).

9. CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS AGROFORESTALES

Mariaca (1999), indica que no se puede actuar de manera improvisada o imprevista, y que debe ser necesario planear estratégicamente un buen diseño de un SAF; en donde se toman en consideración, aspectos importantes como, la productividad, la sostenibilidad y la adaptabilidad Según (Jiménez *et al* 2001).

Productividad: La productividad de un SAF se genera a través de los bienes producidos como mercancía, también se ve reflejada en la reducción de aplicación de insumos, el mejoramiento de los cultivos asociados en este caso el café (*Coffea arábica*), quienes facilitan ingresos a los productores para la obtención de utilidades y rentabilidad, Farfán(2012). Un ejemplo de productividad se realizó en el Perú, en un proyecto denominado, Plantando para el futuro, allí Capacitaron a los pequeños agricultores en el Perú para que efectuaran una transición desde agricultura no sostenible hacia sistemas agroforestales orientados al mercado; Utilizando un enfoque de desarrollo gradual y acumulativo, se sembraron especies nativas en maderables y frutales los cuales fueron comercializados, obteniendo muy buenos resultados para la comunidad participante(Plant your Future, 2012).

Sostenibilidad: indica que la capacidad productiva se mantiene en el área permitiendo un equilibrio racional en el uso de la zona productiva es decir, producir conservando y conservar produciendo. En el salvador, honduras y Guatemala los saf proveen diferentes productos arbóreos, de esta forma se protege el bosque natural, en honduras los campesinos que antes sacaban todos los subproductos arbóreos del bosque natural , están utilizando hoy en día aquellos que fueron plantados e sus fincas , en el salvador la comunidad que antes producía carbón proveniente de la tala del bosque natural, ahora están usando los árboles que fueron incorporados en los SAF de sus fincas , y los postes utilizados en

Guatemala para el secado de tabaco ya no provienen de los manglares como lo hacían antes sino que los extraen de los SAF de las comunidades. Curren, (1997)

Adaptabilidad: la adaptabilidad de los SAF, resulta de la confrontación de dos variables, siendo la primera las exigencias genéticas e cuanto a suelo y clima es decir los requerimientos agroecológicos, y la segunda la oferta ambiental, expresada a través de las condiciones de clima y suelo, en donde el productor se ciñe al sistema superando las limitaciones de orden económico o biofísicas del entorno.

Lo cual está en función de:

- ✓ Limitar los riesgos de las cosechas con diversidad de especies.
- ✓ Utilizar especies y recursos con propósitos diverso.
- ✓ Utilizar plantas con capacidad de rebrote y enraizamiento que permitan a las plantas reproducirse vegetativamente con el fin de disminuir los costos de establecimientos, en las siguientes etapas. (Arévalo, 2000).
- ✓ Especies capaces de reproducirse vegetativamente a larga distancia tienden a resistir mejor la erosión del suelo que las que sólo lo hacen a corta distancia. (Guerrero-Campo y Montserrat, 2000).

Así mismo Bichier (2006), menciona que a través del sistema de agroforestal se aumenta el uso de la tierra en función y crecimiento del sistema arbóreo existente en el área. Evidentemente en el proceso agropecuario los cultivos se ven favorecidos por que permiten:

- ✓ La preservación de la biodiversidad sin alterar sus componentes es decir facilitar un desarrollo sostenible
- ✓ Igualmente posibilita mejorar las parcelas reduciendo el impacto negativo de la erosión generada por lluvia o por viento.

- ✓ Y desde el punto de vista económico permite a los pequeños y medianos productores beneficios múltiples desde el punto u orden monetario.

Para Ramírez (1990) la viabilidad en la preservación de la capa vegetal y la conservación de la materia orgánica del suelo para un mejor equilibrio y sostenibilidad , con el fin de brindar protección a la superficie del suelo, por lo tanto es necesario conservar la cubierta vegetal y hojarasca por más tiempo con el fin de disminuir el impacto directo del sol y la lluvia y brindar protección a la superficie, logrando con ello una mejor retención de nutrientes mediante la conservación de la materia orgánica, facilitando fertilidad en el suelo.

Escobar (2008) señala que a los cafetales sin sombrero, los afecta causando serios problemas de crecimiento y producción y estos problemas se ven reflejados en el color amarillento y envejecimiento más rápido, del mismo modo afirma que un 38 % de los productores señalan que la falta del sombrero compromete la cosecha con la aparición de mayor cantidad de pasilla , es decir granos pequeños, no uniformes y de menor peso, argumenta que se produce café de baja calidad y al café le falta cuerpo y el factor de rendimiento es deficiente por los granos no uniformes e irregulares como se evidencia en la siguiente tabla.

CRITERIOS	%
Cafetal se daña	62
Perdida de fertilidad	53
Producción se disminuye	38
Menor calidad del café	38
Aumento de las malezas	24
Problemas ambientales	9
Contaminación con químicos	9
Sin productos derivados	3

Tabla 1: impacto de la falta de árboles de sombrero en los cafetales
Fuente: German Escobar Berón, 2008.

(Escobar, 2008) menciona que también se pueden evidenciar aspectos positivos y favorables a la producción bajo sombra en cuanto al aumento de la calidad del café en un 52 %, comparada con la que se realiza sin sombrero, que solamente se obtiene un 12%, esto hace más importante el sombrero, ya que presenta menos exigencias tecnológicas, es más fácil su manejo, requiere menos mano de obra externa, menos subsidios económicos, evita que los productores dependan de inversiones económicas y por lo tanto de créditos para el cultivo de café. Los productores plantean que el sombrero es una práctica que minimiza todo tipo de riesgos e incertidumbres como se muestra en la tabla No. 2.

CRITERIOS	%
Con sombrero: aumenta la calidad del café	52
Con sombrero: disminuye la producción	41
Sin sombrero: aumenta la producción, pero con fertilizantes	14
Sin sombrero: disminuye la calidad del café	12

Tabla 2: implicaciones del sombrero en la producción y calidad del café
Fuente: German Escobar Berón, 2008.

9.1. Sistemas de producción de café (*Coffea arábica*)

El Centro Nacional de Investigación del Café – Cenicafé para una mejor comprensión y zonificación del monocultivo en Colombia, selecciono regiones agroecológicamente delimitadas incluyendo el espacio y teniendo como base el relieve, clima y suelo y los denomino estratégicamente ecotopos cafeteros, los ecotopos están ubicado geográficamente en las tres cordilleras y la Sierra Nevada De Santa Marta, organizados en: 1A ubicado en la cordillera occidental vertiente occidente, ecotopo 1B. cordillera occidental, vertiente oriente, 2A cordillera central, vertiente occidente, 2B. cordillera central vertiente oriente, 3A cordillera oriental,

vertiente occidente, 3B. Cordillera oriental vertiente oriente y 4 Sierra Nevada De Santa Martha. (Federación Nacional De Cafeteros, 2000), figura No. 7.

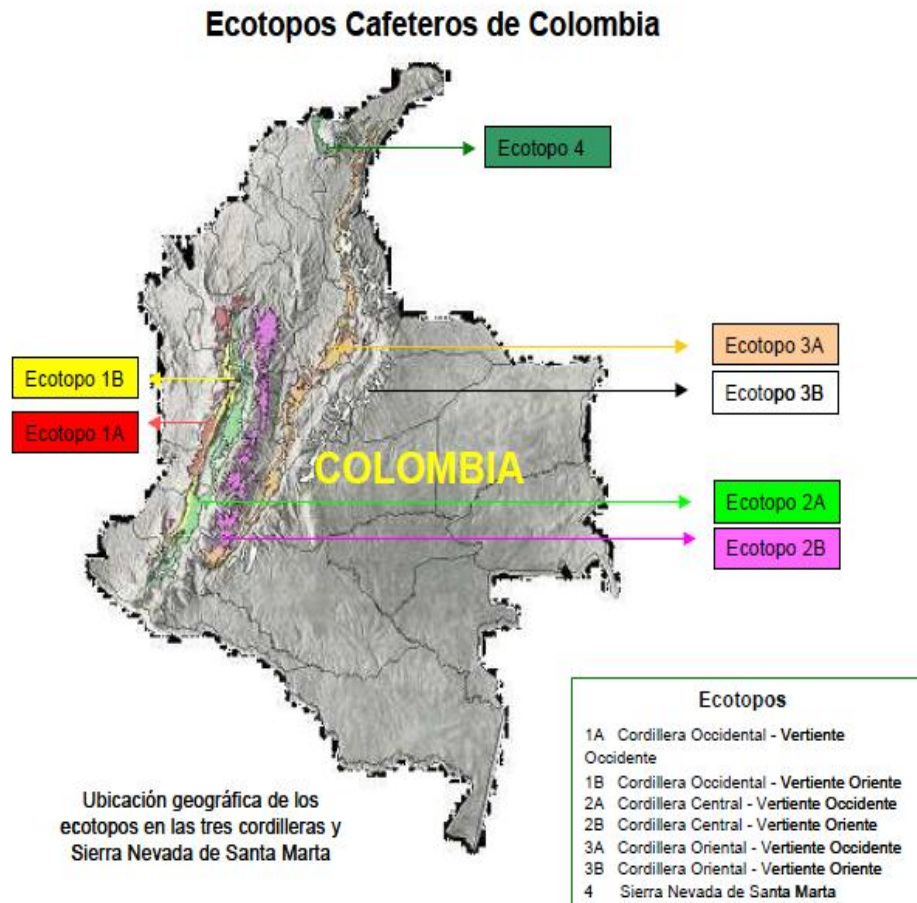


Figura N° 7: Ecotopos cafeteros de Colombia, fuente: Federación Nacional de Cafeteros 2000.

Dentro de los ecotopos arriba mencionada se producen sistemas de cultivos del café en diferentes formas como son básicamente, tradicional, tecnificado, con semisombra y con sombra.

Sistema de producción tecnificado

Arcila et al (2007), evalúa un lote de café variedad Caturra o Castillo, con una población mayor a 2.500 plantas por hectárea, el cual ha sido trazado, establecido al sol o con sombrero regulado, que se mantiene a través de asistencia técnica, registros de abono y control fitosanitario.

En Cúcuta el comité Departamental de cafeteros de Norte de Santander, están adelantando un proyecto en el Municipio de Calixto, en donde estudian el desarrollo y los avances que ha tenido el proyecto, fomento al desarrollo económico sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida de población vulnerable, en alto riesgo de desplazamiento forzado, a través de la renovación y producción de café tecnificado, donde han demostrado adelantos en las siembras apoyando la renovación de 521 hectáreas de café y la inclusión de los cafeteros del municipio en un programa de certificación, lo cual dará como resultado el fomento del desarrollo económico sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida de estos productores. Federación Nacional de cafeteros (2011)

Sistema de producción con semisombra

Escobar (2008), menciona que en este sistema de producción el componente arbóreo no es presentado en mayor cantidad y a la vez es determinante en el sistema como regulador de la luz solar, aquí se emplean especies como el nogal (*Juglans regia*) el guamo (*Inga Sp*), o el chachafruto (*Erythrina edulis Triana ex Micheli*), entre otros manejando una densidad de siembra entre 20 y 30 árboles por hectárea, se pueden establecer del mismo modo cualquier especie arbustiva semipermanente como el plátano (*Musa paradisiaca*) con un número de plantas

entre 300 y 750 por hectárea.

Sistema de producción de café con sombra

En este sistema se recurre a cualquier especie arbórea de ciclo largo , sin embargo se presenta una mayor densidad equivalente a 50 árboles por hectárea, lo que establece un nivel de siembra en distancia de 14 x14 metros, permitiendo regular la luz solar de manera eficiente y en el caso de especies arbustivas semipermanentes, en una distancia de 3,7 x 3,7 metros, con un arreglo espacial uniforme y con más de 750 sitios por hectáreas (Sosa, 1997). (Ver Anexo 1a y 2 b).

Según Escobar (2008), el control de la luz se utiliza en regiones donde se presenta deficiencia de agua, altas temperaturas y por lo general se emplean arboles con valor económico o llamados sombrío productivo, para reducir los costos y generar ingresos al productor.

En estudios llevados a cabo por Cenicafé, sobre aspectos de diversidad en zonas cafeteras, se ha encontrado que pese a los esfuerzos de la Federación Nacional de Cafeteros, en materia de política sectorial, educación e implementación de estrategias de sostenibilidad, persiste una grave crisis de biodiversidad en las regiones naturales en que se ha dividido la geografía colombiana, pero especialmente la andina, destacando la fragmentación de los bosques en las laderas andinas como uno de los factores que más ha incidido en la pérdida de la biodiversidad, junto con la ausencia de alternativas económicas derivadas de su conservación, debido básicamente a la carencia de información (Cenicafé, 2011).

En Colombia dada las condiciones climáticas y de suelo, se está volviendo a retomar la cultura agroforestal con café, en los cafetales los árboles de sombrío, ejercen un control sobre la economía del agua, ya que mitigan los efectos que

los periodos de déficit hídrico imponen sobre la producción , de la misma forma contribuyen a mantener la fertilidad del suelo, a reducir la erosión, reciclan nutrientes , aumentan la diversidad de especies de aves y aportan gran cantidad de materia orgánica Farfán (2012)

En la siguiente figura se muestra el área de distribución del café bajos los sistemas de sombra, apreciándose que un 50% de las plantaciones están a libre exposición mientras que el 33% se encuentran bajo sombrío y un 17% bajo niveles de semisombra .

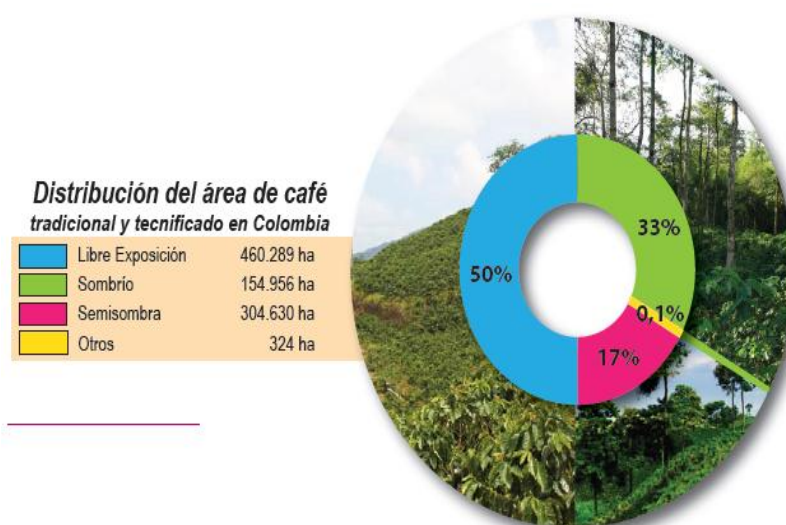


Figura N° 8: Distribución del área del café, tradicional y tecnificado en Colombia.
Fuente: Farfán 2012

9.2. Características de un árbol para sombra de café.

El establecimiento y manejo adecuado de los arboles utilizados como sombra en el cultivo de café (*coffea arábica*) tiene como objeto, el evitar extremos que serán perjudiciales para su producción por ejemplo, una sombra excesiva podrá afectar o limitar la producción y un exceso de sol acortara la vida productiva de la plantación y por ende demandara un mayor uso de insumos , lo que hace

necesario saber en el momento de realizar el establecimiento, que clase de árboles y características debe tener cada uno para evitar dichos problemas (cortés,2004).

Fournier (1979), Ordóñez y Sosa, (2000), señala que las especies de sombra deben tener las siguientes cualidades: Ser de crecimiento rápido como el achiote (*Bixa orellana L.*), que mantenga el follaje durante la estación seca, Moringa (*Moringa oleífera*), que no compita mucho con las plantas de café, como el nogal cafetero (*Cordia alliodora*) y el cachingo (*Erythrina fusca*), que su mantillo no altere marcadamente la reacción del suelo, como el guamo (*Inga codonantha*), y que se adapte a las características físicas, químicas y biológicas de los suelos cafetaleros como el eucalipto (*eucalyptus globulus*).

Aunque es muy importante conocer las cualidades de las diferentes especies de árboles utilizados como sombra en el cultivo del café (*coffea arábica*), es necesario tener un conocimiento claro sobre las tecnologías agroforestales para lograr un mejor rendimiento y aprovechamiento, puesto que estas contribuirían a la producción limpia de la agricultura y del mismo modo reforzara y recuperan todas las zonas donde anteriormente se hayan realizado malas prácticas, como es el caso de la tala indiscriminada, que ha dejado un 60% de tierras degradadas en Colombia; es por esta razón que se debe entender los SAF como alternativas válidas para el productor como un sistema indispensable que mejorara su producción y al mismo tiempo la calidad de vida de su familia y región. (Villagaray 2011).

Con el propósito de tener una idea más amplia de las diferentes especies de árboles a incorporar al sistema, y teniendo en cuenta las características antes mencionadas, se presenta un ejemplo de algunas especies más adecuadas a plantar dentro del cultivo, como se aprecia en la tabla N° 3.

ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO
Botarrama	Vochysia ferruginea
Caoba	Swierenia macrophylla
Cebo	Vochysia hondurensis
Cebo	Vochysia guatemalensis
Cedro	Cedrerla spp
Espavel	Anacardium excelsum
Eucalipto	Eucalyptus spp
Gallinazo	Schizolobium parahyba
Guayacán	Tabebuia guajava
Indio desnudo	Bursera simarouba
Jaul	Alnus acuminata
Melina	Gmelina arborea
Laurel	Cordia allidora
Pilón	Hyeronima alchornoides
Pochote	Bombacopsis quinata
Ronron	Astronium graveolens
Teca	Tectona grandis

Tabla N° 3. Árboles maderables en cultivo de café (*coffe arábica*), fuente: Oficina Nacional Forestal, Costa Rica 2013

Después de identificar el tipo de suelo, clima y especie a plantar en asocio con el cultivo de café (*coffea arábica*), hay que conocer las densidad de siembra tanto del café como del sistema arbóreo, esto con el fin de tener interacciones favorables; cabe anotar que cada densidad de siembra es diferente, ya que depende de las cualidades del sitio antes mencionadas, aunque se sugiere una densidad de siembra de café que estaría entre 900 a 1.200 árboles por hectárea y unos 150 árboles utilizados para sombrío, lo cual permitiría en los cultivos de café, incorporar árboles bien sean maderables, frutales o de otro tipo conforme al diagnóstico y al estudio efectuado para tal propósito (Farfán, 2012)

9.3. Transferencia de nutrientes en los SAF con café (*Coffea arábica*)

En un suelo forestal se encuentran diversos materiales, provenientes de las

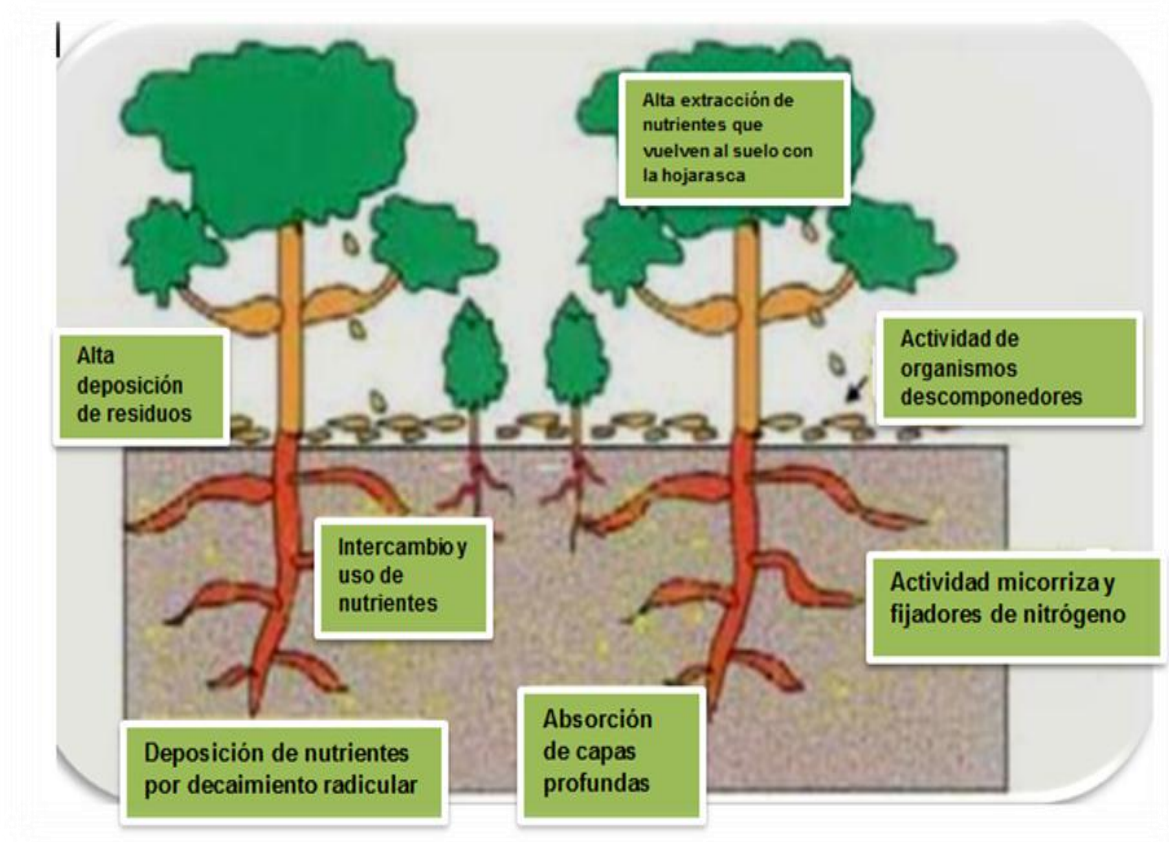
diferentes capas de vegetación como son, hojas, ramas, inflorescencia, frutos y demás, denominado hojarasca; produciéndose a través de la misma una transferencia de nutrientes en el suelo, lo que significa que a una mayor cantidad de hojarasca producida abra una mayor humedad en el suelo. (Vitousek *et al.*, 1994), La hojarasca es muy importante ya que presta una especie de abrigo orgánico sobre la superficie de los suelos forestales lo que contribuye a mejorar el microclima edáfico indicado para el albergue de una gran diversidad de microorganismos (Sánchez *et al.*, 2008)

La hojarasca Después de pasar por los diferentes procesos de descomposición libera elementos nutritivos que al mismo tiempo se incorporan al suelo para ser nuevamente utilizados por las plantas, (Jiménez *et al.*, 2005) pero esta descomposición no depende solamente de factores ambientales como la temperatura, la humedad y la precipitación, sino que también interfieren las características del suelo y las poblaciones microbianas presentes en el mismo (Bonilla *et al.*, 2008)

Los SAF en asocio con el cultivo del café (*coffea arábica*) aportan múltiples beneficios en cuanto a la transferencia de nutrientes, pues la función fundamental de los SAF es la de dar sombra al café ayudando de esta manera a conservar la humedad del suelo, mediante la formación constante de una cobertura natural de hojarasca, Arcila *et al.* (2007) incrementando a la vez la cantidad de materia orgánica que se da por la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, convirtiéndose en humus, como también por la actividad biológica de los organismos vivos que contiene contribuyendo a que haya una recirculación de nutrientes y fijación de nitrógeno (García, 2010).

Algunos cultivos asociados a los SAF, como es el caso del café (*coffea arábica*), no pueden tomar los nutrientes de las capas profundas del suelo, ya que su sistema radicular no es tan largo, por lo tanto la labor de los árboles del SAF, es el de absorber esos nutrientes del suelo a través de sus raíces e incorporarlo a su

biomasa , para que esta, sea devuelta a la superficie a través de la hojarasca que produce, permitiendo que estos sean disponibles para los cultivos asociados, figura N° 9.



10. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CAFÉ (*coffea arábica*)

Mogollón (1997), señala que los sistemas agroforestales contribuyen al desarrollo sostenible de una forma eficaz y eficiente, entendiendo la sostenibilidad como la capacidad que tiene un agro ecosistema para mantener la calidad y cantidad de los recursos naturales a mediano y largo plazo, obteniendo una productividad agrícola con reducción de impactos al medio ambiente, mejorando el nivel de vida de las personas, reflejado en un equilibrio favorable y positivo para todos sus actores.

De esta manera se entiende que los SAF contribuyen a solucionar las necesidades de la población rural, en donde es importante considerarla, más que como un arreglo particular de especies o plantas, como una alternativa para el uso de la tierra, entendiendo que no serán únicamente beneficios representados en proveer sombra y reducir el estrés ambiental al cafetal, sino que también ayudaran a modificar el ambiente mediante sus raíces, ramas y hojas, brindando además , beneficios adicionales como la generación de ingresos para la producción arbórea, representados en madera, leña y frutos (Muschler, 2000).

Otra situación importante a señalar en cuanto a la sostenibilidad del cultivo del café (*coffea arábica*) con los SAF, son los beneficios obtenidos de los árboles acompañantes en las fincas cafeteras, como la liberación de oxígeno, fijación de CO₂, mejoramiento de la calidad del aire, hábitat para la fauna, mantenimiento de la fertilidad del suelo entre otras, que gráficamente se puede observar en la Figura N° 10.



Figura N° 10: Beneficios obtenidos de los árboles en fincas cafeteras fuente: Farfán, Cenicafé, 2012.

Aunque son múltiples los beneficios obtenidos de los SAF en las fincas cafeteras, hay que tener en cuenta otro aspecto importante y son las modalidades de incorporación de los arboles a los cultivos ya que existen diferentes formas y modalidades de incorporación como las que se realizan en medio de los cafetales y dentro de los cuales es posible señalar la ubicación en zonas de camino, como también para protección en linderos o las denominadas barreras rompe vientos, determinando en primera instancia las condiciones de orden topográfico, climático y de necesidades del productor para no proceder de manera imprevista o arbitraria con un diseño que no corresponda al entorno Cortes (2004),

Dentro de esta categoría, encontramos las cortinas rompe vientos o barreras vivas con árboles, que son utilizadas como protección para los cultivos y animales, estas reducen la velocidad del viento en las parcelas, reducen el movimiento del suelo y lo protege de los proceso erosivos, conservan la humedad del suelo y protegen la fauna, regulando del mismo modo las condiciones del microclima, estas están constituidas en varias hileras de árboles y también

pueden ser utilizadas como productoras de madera, frutos , abono verde entre otros (Farfán 2013). Del mismo modo encontramos los árboles en los linderos que son los utilizados en las fincas para realizar una delimitación enriqueciendo el paisaje y su disposición, se realiza en filas siguiendo los bordes de los lotes, fincas y caminos igualmente a través de ellos se pueden derivar fines comerciales; algunas especies que se pueden utilizar son, el Pino (*Pinus oocarpa*), Ciprés (*Cupressus lusitanica*) entre otros. Villagaray y Bautista (2011)

Farfán (2012), señala que el cultivo del café entraría dentro de la categoría de SAF simultáneos , a esta pertenecen las combinaciones de árboles y cultivos perennes , aquí el componente arbóreo crea un piso superior sobre el cultivo del café , permitiendo facilitar una interacción directa, dándole ventajas al cultivo y además al productor quien podrá beneficiarse de la especie arbórea plantada dentro de su cafetal; algunas especies maderables recomendadas para este sistema son el guayacán (*tabebuia guajava*), la melina(*gmlina arbórea*) eucalipto (*eucaliptus* spp) entre otros(Muschler, 2000).

10.1 Influencia del desarrollo sostenible sobre la certificación del café.

La sostenibilidad en el cultivo del café (*coffea arábica*), está relacionada con los factores que determinan las condiciones óptimas de producción, en cuanto a cantidad, calidad, duración de la luz solar , temperatura y humedad relativa del ambiente y del suelo; llevando estos factores a afectar la eficiencia fotosintética de la planta de café (*coffe arábica*) ofreciendo otras reacciones a la misma como son la inducción y formación de botones florales , apertura y cierre de estomas de acuerdo a las condiciones de transpiración de los cafetos, todo esto llevando al cultivo a hacerse , eficientemente productivo, manteniendo al mismo tiempo la cantidad y calidad de los recursos naturales manejados por un equilibrio agro eco sistémico benéfico para todos sus actores. (García y Straube1998.

Esta sostenibilidad es lograda gracias a la planeación del establecimiento de un cafetal con sombrío, realizando una adecuada selección de especies forestales, evaluando las densidades de la plantación, tipo de suelo, entre otros, lo cual hace posible que se mejore dicha producción, logrando al tiempo el poder participar en otros renglones de comercialización certificación y beneficios obtenidos, gracias a las buenas prácticas agrícolas y de sostenibilidad implementadas; estos cambios de producción y consumo conservacionistas han venido dándose a nivel mundial gracias a la preocupación por la salud, las nuevas exigencias de los consumidores y a una mayor conciencia por la protección del ambiente (Muschler, 2000).

De aquí la importancia de que el consumidor pueda encontrar en el mercado cafés con otras características que son logradas a raíz de sus buenas prácticas de cultivo y producción, entre ellos tenemos los cafés especiales que son aquellos que poseen un sabor en taza diferente que brinda al Consumidor una experiencia muy especial para su paladar, Galloway G y Beer J (1997) dentro de la clasificación de especiales encontramos tres grupos, 1. Cafés de origen, agrupados en tres tipos de cafés, los cafés regionales, los exóticos y los cafés de Finca, 2. Cafés de preparación perteneciendo los cafés Selectos, los cafés Caracol y los cafés Supremo, 3 cafés sostenibles, esta categoría pertenecen los cafés de comercio justo, conservación y los cafés con certificado orgánico (Marín, 2013).

Existen en Colombia otras certificaciones muy importantes en lo referente a el beneficio de los SAF en las plantaciones de café (*coffea arábica*) como es, la certificación de Café Amigable con las Aves o de Sombra, este café es aquel cultivado bajo una cubierta arbórea las cuales sirven de albergue a la biodiversidad y mejoran notablemente el microclima mejorando los niveles de estrés, están también aquellos Cafés que cumplen los criterios EUREP-GAP (Eurepgap, 2004) el cual es un programa privado de certificación voluntaria cuyo fin es el de aumentar la confianza del consumidor en la sanidad de los

alimentos, desarrollando “Buenas Prácticas Agrícolas” aquí el caficultor debe demostrar que está minimizando el impacto negativo en el medio ambiente, conservando la vida salvaje, reduciendo el uso de agroquímicos y realizando una mejor utilización de los recursos naturales; una certificación muy conocida en Colombia es la Rainforest Alliance y La Red de Agricultura Sostenible (RFA, 2004), esta fomenta la sostenibilidad socio ambiental de actividades agrícolas mediante el desarrollo de estándares de producción sostenible ayudando a la protección de los ecosistemas conservando la biodiversidad y proveyendo medios de vida sostenibles para sus actores (Farfán, 2007)

11. ESTUDIOS REALIZADOS EN EL CULTIVO DEL CAFÉ (*Coffea arábica*) CON SAF.

Según Cuellar (2008), la adopción de SAF en cultivos de café (*Coffea arábica*), se enfoca en facilitar un cambio en los sistemas de producción tradicional y de esta manera fundamentar estrategias y alternativas que superen las actividades tradicionales y se logre una interacción productiva asociada del café (*Coffea arábica*), con otros productos como en efecto ocurre con los cítricos, maderables, especies leñosas o no leñosas, generando rendimientos económicos a largo plazo y lograr una eficiencia en el manejo de los cultivos y protección del suelo y del medio ambiente. De esta manera se han realizado diversos estudios adoptando los SAF con el cultivo del café (*Coffea arábica*), encontrando los siguientes resultados:

En el estudio realizado por Farfán (2010), sobre los cambios en la fertilidad del suelo con plantaciones de café y sombrío de especies forestales, en el Departamento de Quindío, se evaluó el efecto de las especies *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, empleadas como sombrío en café, sobre algunas características del suelo. Los resultados indicaron que el tiempo de permanencia de los sistemas de cultivo (Café expuesto a sol o con sombrío) tienen influencia sobre las concentraciones de nutrientes del suelo, tales como Calcio, Magnesio, Aluminio entre otros.

En el trabajo de Pico (2011), sobre la Evaluación de servicios ambientales en sistemas agroforestales con café en fincas bajo diferentes tipos de certificaciones en Turrialba, Costa Rica, se compararon 6 fincas Nespresso frente a 6 fincas Convencionales aledañas, 6 orgánicas frente a 6 convencionales aledañas y 1 finca Rainforest Alliance frente a 1 finca Grande Utz, donde se cuantificaron los servicios ambientales (conservación de agua, suelo, biodiversidad y almacenamiento de carbono). En el indicador cobertura viva de suelo, las fincas

orgánicas presentaron mayor cobertura (73.4%) que las fincas convencionales (24.3%). Rainforest presentó 37.8 % de cobertura y Utz 16.7 % . Para el servicio ambiental agua se cuantificaron 3 indicadores a) manejo de contaminación de agua b) obras de conservación en ríos y caminos c) evidencias de erosión, sin que se observara diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En biodiversidad se utilizaron 2 criterios: Calidad de Hábitat (5 indicadores) y Uso de Agroquímicos (3 indicadores). Para el criterio calidad de hábitat no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Para el uso de agroquímicos se observó un menor uso de agroquímicos para fincas Nespresso vs las fincas convencionales en Orosi y orgánicas vs convencional. En la región centroamericana se comparó fincas orgánicas y convencionales entre países Costa Rica, Nicaragua y Guatemala donde se determinó que existen diferencias estadísticas en los siguientes indicadores: Número de estratos arbóreos, Número de árboles > 5 cm DAP y acciones correctivas del suelo y uso de agroquímicos.

Farfan y Baute (2010), evaluaron el efecto de la distribución espacial del sombrío de especies de leguminosas (*Erythrina fusca*, *E. rubrinervia*, *Inga edulis*, *Leucaena leucocephala* y *Albizzia carbonaria*) sobre la producción de café (*Coffea arabica*), en la zona cafetera norte de Colombia, la sombra dada por las especies afectó significativamente la producción del café. El porcentaje de cobertura del 35% al 40% proporcionada por *E. fusca* afectó positivamente la producción de café, el 40% de la sombra de esta especie se alcanzó entre los 2.5, 10 y 14 años de establecidos los árboles. En la especie *E. rubrinervia* los porcentajes del 22 y 32% afectaron positivamente el café y el 32 % de la sombra la obtuvieron entre los 5, 7.5 y 8.4 años después de la siembra. Con *I. edulis* la producción se favoreció con sombrío del 35 % que se alcanzó a los 4.5 años de establecidos y con *A. carbonaria* los porcentajes del 47 y 52 % de sombra influyeron positivamente sobre la producción del café y el 47 % de la cobertura se logró a los 5 años.

Cenicafé (2010), ha venido realizando estudios para evaluar el efecto del sombrío sobre la producción del café, en los cuales se emplearon especies leguminosas como guamo (inga sp), carbonero (Albizzia carbonaria), cámbulo (Erythrina fusca) chachafruto (eythrina edulis) leucaena (Leucaena leucocephala) y especies forestales como el nogal (Cordia allidora), pino (Pinus oocarpa) y eucalipto (Eucalyptus grandis), entre otras, establecidas a diferentes distancias de siembra. La observación se realizó en dos estaciones una de ellas ubicada en la Estación Central Naranjal (Chinchina Caldas) y la otra se ubicó en la Estación Experimental el Tambo (Tambo, Cauca), en este estudio solo se consideró, la producción orgánica de café, en una parte del lote se sembró a libre exposición y la otra con café bajo sombrío de las leguminosas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes, en la estación el Naranjal el café a libre exposición solar, el promedio de la producción por planta durante cinco cosechas fue de 2,2 kg de café cereza y en café con sombrío el promedio de producción por planta fue de 2,4 kg de café cereza, y en la estación el tambo, el café sembrado a libre exposición solar , el promedio de la producción por planta , en el ciclo de cinco años fue de 0,4 kg de café cereza, y bajo sombrío la producción en el mismo ciclo fue 1,9 kg de café cereza por planta.

Ávila, 2000. En su investigación tuvo como objetivo el cuantificar el carbono fijado y almacenado en SAF, con cafés y pastos de costa rica, los sistemas evaluados fueron: *Coffea arábica* con *Eucaliptus deglupta* de cuatro años de edad , *Coffea arábica* con *eucaliptus deglupta* de seis años de edad, *Coffea arábica* con *eucaliptus deglupta* de ocho años de edad, *Coffea arábica* con *eucaliptus poeppigiana*>10 años de edad, *Coffea arábica* a plena exposición solar, en el valle central.se evaluaron los componentes árbol, cafeto, hojarasca y suelo.

Los resultados obtenidos mostraron que en promedio los SAF, café eucalipto almacenaron 40% mas carbono que los sistemas silvopastoriles brizanta-eucalipto y brizanta-mangium, en promedio los SAF, almacenan más carbono que

los correspondientes a los cultivos a pleno sol. los SAF con café y sistemas silvopastoriles almacenan en el componente arbóreo cantidades elevadas de carbono , por lo que deberían de ser incluidos en la modalidad por pago de servicios ambientales que regula la ley Forestal.

CONCLUSIONES

La implementación de los sistemas agroforestales (SAF), genera beneficios ambientales tales como el mejoramiento de la calidad del suelo, el agua, la biodiversidad, proporcionando un microclima apto para el desarrollo de todos los componentes del ecosistema.

Los sistemas agroforestales adoptados con el cultivo del café (*Coffe arabica*), permiten presentar diferentes arreglos y disposiciones que deben ir acorde a factores ambientales del sitio donde se vaya a emplear el sistema tales como: La altitud, la topografía, el clima, precipitaciones y especies arbóreas asociadas con características idóneas, que no causen pérdidas de la radiación solar y competencia de nutrientes.

La adopción de cafetales con sombra, evita la exigencia tecnológica, es más fácil el manejo, requiere menos mano de obra externa y evita que los productores dependan de inversiones económicas y créditos para el cultivo, ya que se reduce la utilización de agroquímicos, debido a que estos sistemas permiten la supervivencia de controladores biológicos de plagas que ayudan a reducir problemas ambientales del café.

El uso de los sistemas agrícolas sostenibles, busca la restauración de la diversidad en el paisaje agrícola, sin afectar la producción del cultivo, creando beneficios estables a través del tiempo para los productores y el medio ambiente.

El manejar una producción limpia y prácticas adecuadas para el manejo del cultivo del café, conlleva a que los caficultores adquieran beneficios importantes para sus fincas cafeteras, tales como la certificación de cafés especiales importantes en el mercado global del café y en la economía nacional.

REFERENCIAS

Angrand J.C. 2002. Floración, desarrollo vegetativo y fotosíntesis de *coffea* *Arábica* L. en diferentes Sistema de cultivo en Pérez Zeledón y Heradía, Costa Rica. Pg. 71

Arcila P., J.; Farfán V.,F.; Moreno B., A.M.; Salazar G., L.F.; Hincapié G., E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafe, pg309.

Arévalo, Luis, 2000. Definición y clasificación de sistemas agroforestales.

Ávila, Gabriela, 2000. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol. Catie.

Beer, J; Muschler, R; Somarriba,E; Kass,D. 1998. Manejo de sombra en las plantaciones de café y cacao - una revisión. *Sistemas Agroforestales* 38:139-164

Beer, J.W. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cacao and tea. *Agroforestry Systems* 5(1):3-13.

Beer J, Harvey C.A., Ibrahim M, Harmand J.M., Somarriba E. y Jiménez F. 2003. Funciones de servicio de los sistemas de agroforestería. Canada.

Bichier, Peter, 2006. La Agroforestería y el Mantenimiento de la Biodiversidad. México, Pg. 5.

Bonilla R, Roncallo B, Jimeno J, García T,.2008. Producción y descomposición

de la hojarasca en bosques nativos y de *Leucaena* sp., en Codazzi, Cesar. Revista Corpoica .

Burley J. y Speedy AW, 1998. Investigación agroforestal, Perspectivas globales. Reino Unido. Pg. 25

Bharati, L., Lee, K.H., Isenhardt, T.M. & Schultz, R.C. 2002. Soil-water infiltration under crops, pasture and established riparian buffer in Midwestern USA. *Agroforestry Systems*,.Universidad Javeriana, Bogotá, pg. 76

Camargo A., P. D.; Pereira, A.R. 1994. Agrometeorology of the coffee crop. Ginebra, World Meteorological Organization,. 43 p.

Cenicafé 2009. Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Chinchiná Caldas.

Cenicafé, 2011, Construyendo el modelo para la gestión integrada del recurso hídrico en la caficultura colombiana”, Chinchiná.

Cenicafé, 2010.cafe orgánico al sol y bajo sombrío, una doble posibilidad para las zonas cafeteras de Colombia

Centro Regional de Producción más limpia 2007, Fortalecimiento de la competitividad y productividad de los empresarios cafeteros de 12 municipios del departamento de Risaralda para acceder al mercado de cafés especiales. Universidad Tecnológica de Pereira.

Constitución política de Colombia ,1991.artículo 79 , de los derechos colectivos y del medio ambiente. Disponible:

<http://www.constitucioncolombia.com/buscar.php?s=ambiente>

Cortés, La lima, 2004. Guía Práctica Producción de Café con sombra de maderables, fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Honduras, Pg. 24.

Cuellar S.L. 2008. Una aproximación al análisis de la provisión de capitales Como determinante de la adopción de sistemas agroforestales de café certificado en costa rica. Costa rica, Pg 260.

Curren, D.1997. Los sistemas agroforestales generan beneficios para las comunidades rurales? Resultados de una investigación en América central y el caribe. Agroforesteria de las américas. Catie.

Díaz R., 2001. Situación y perspectivas de la caficultura en centro América ante la crisis internacional de precios

DURÁN, V., Y. 2004. Sistemas agroforestales. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).56 p.

Escamilla. E., Ruiz. O., Díaz. G., Landeros. C., Zamarripa. A. 2005. El agroecosistema café orgánico en México. costa rica N°.76p.5-16.

Escobar, Berón, German, 2008. El sombrío en los cafetales: un sistema, una estrategia para la seguridad alimentaria, Chile.

Espinosa EL, Andrade HJ, Moreno H. 2012. Impacto del pastoreo en el carbono orgánico de suelos en el Páramo de Anaime, Tolima. XVI Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Riohacha, Colombia, 2-5 de octubre de 2012.

Farfán V., Baute B. 2010. Efecto del sombrío con especies leguminosas a diferentes densidades de siembre sobre la producción de café. *Cenicafé* 61(1): 35-45.

Farfán V. 2010. Cambios en la fertilidad del suelo con plantaciones de café y sombrío de especies forestales. *Cenicafé*. 61(1): 7-27.

Farfán Valencia Fernando, 2007. *Cafés especiales*, capítulo 10.

Farfán Valencia Fernando, 2012, árboles con potencial para ser incorporados al cultivo del café. *Cenicafé*.pg 88

Farfán Valencia Fernando, 2013. Guía para el establecimiento de barreras con árboles y sombrío del café. *Cenicafé Manizales caldas*. Pág. 8.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – fnc. Bogotá. 1997. Colombia. Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional Cafetera SICA. Estadísticas Cafeteras. Informe Final. Bogotá, FNC, 178 p.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 1993– FNC. BOGOTÁ.COLOMBIA.. Manual de uso de fotografías aéreas. Aplicación al sistema de información cafetera. Bogotá, FNC, 53 p.

Federación nacional de cafeteros de Colombia, 2000. Manual del cafetero Colombiano. Bogotá (Colombia), FNC. p 399.

Federación nacional de cafeteros, 2010. Guía ambiental para el sector cafetero. Cap. 8. Política de producción más limpia. Pg. 87-90. Bogotá.

Federación nacional de cafeteros de Colombia, 2011. proyecto de renovación y producción de café tecnificado, Norte de Santander.

Figueroa Palomeque Emilia, 2009. Sistemas Agroforestales, México

García moreno Roberto 2012. Determinación y Gestión Forestal de un Corredor Biológico para Aves Endémicas de Bosques Templados "Hotspot" de Biodiversidad. España pg 184

García de Salomone Inés, 2010. técnicas aplicadas al estudio de la diversidad microbiana del suelo, Universidad De Buenos Aires, Argentina, pg 9.

García F, OF; Straube U, NB. 1998. La sombra en el cafetal. In Manual de caficultura. ANACAFE. Ciudad de Guatemala, Guatemala. pag 106.

Galloway G; Beer J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales de América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE (Serie Técnica Informe Técnico N° 285) 163 p.

Guerrero-Campo, Monserrat, 2000. Importancia de la reproducción vegetativa para la supervivencia de las plantas en zonas muy erosionadas del no de la península Ibérica, España.

Guhl, A. 2004. Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997 Cenicafé, 55(1), 29-44.

Haggar, J.P., Staver C. P., 2002. Avances y desafíos en el establecimiento de ensayo de largo plazo en sistemas agroforestales en café en zona baja húmeda,

Costa Rica. P. 15.

Iriarte, Daniel, 2014. Biología Vegetal, Editorial El Cid, Bogotá. Pg. 215.

Jiménez francisco, muschler Reinhold, Kopsell Edgar. 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales . CATIE, costa rica. Pag 194.

Jiménez S., A.M. Farfan V., Morales L.,C.S. 2005. Descomposición y transferencia de nutrientes de *Cajanus Cajan*, *crotralaria juncea* y *tephrociacandida* como abonos verdes en cafetales. Cenicafe.56.

Kiara, J. M.; Naged, T. F. 1995. Establishment of rust resistant arabica coffee cultivar under temporary shade and inorganic fertilizer regimes in Papua Nueva Guinea. In: Colloque Scientifique International sur le Café, 16 Kyoto, Avril 9-14, Paris, ASIC, 1995. p. 816-820.

Krishnamurthy L., Uribe Gómez Miguel. 2002. Tecnologías Agroforestales para el Desarrollo Rural Sostenible. México. 461 p.

Ley 99 de 1993, 2014.Ediciones Jurídicas, Bogotá. P. 35

Ley 1377 de 2010. Por medio de la cual reglamenta la actividad de reforestación Comercial. Congreso de Colombia. Disponible en:
<http://www.ica.gov.co/getattachment/dec2181f-ed49-4cc6-954a-f0ec251370f6/>

Mariaca, Rosnely, 1999. Criterios básicos para el diseño de sistemas agroforestales. CIAT. México. Pg. 62.

Mariano Ciriaco, Gino. 2013. Control de calidad del café. Manual técnico.

Programa Selva Central – Desco, Lima. 48 pp.

Mendieta L. Marcia, Rocha M. Raúl, 2007. Sistemas Agroforestales, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Pg. 115

Ministerio de medio ambiente. 1997. Política nacional de producción más limpia. Bogota. Pgs. 46.

Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales, 2009. Manual de Agroforestería para Zonas Secas y Semiáridas, Guatemala/Mecanismo Mundial de la UNCCD. 102 p.

Moquel, P; Soto, L. 2000. Tome café, tome conciencia: concepto, principios y ética de la caficultura sustentable.

Moguel. P., 1996. Biodiversidad y cultivos agroindustriales: el caso del café reporte técnico presentado a la comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). Universidad Nacional Autónoma de México.

Mogollón, Velez José Vicente, 1997. Plan Nacional del Medio Ambiente, Bogotá, 45p.

Muerza, 2010. Mega diversidad: la mayor riqueza ecológica del mundo. Eroski consumer.

Mushcler, R. G. 2000. Árboles en cafetales. Turrialba, CATIE. 139p. (Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. Módulo No. 5).

Orozco C., F.J.; Jaramillo R., A. 1978.Comportamiento de introducciones de

Coffea sometidas a condiciones de déficit de humedad en el suelo. Cenicafé. 29 (3): 61-93.

Nair, P.K.R. 1993. Una introducción a la silvicultura. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. p. 85

Narváez, E. 2000. Banco de la República, Bogotá.

Ordoñez, y Sosa, 2000. Uso y manejo de la sombra en los cafetales, Costa Rica

Plant your future, 2012. Plantando para el futuro: Sistemas agroforestales financieramente sostenibles y retribución por servicios ambientales. Perú.

Perfecto, I.; Rice, R.A.; Greenberg, R.; Van der Voort, M.E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. BioScience Reports 46(8):598-608.

Pico, J. 2011. Evaluación de servicios ambientales en sistemas agroforestales con café en fincas bajo diferentes tipos de certificaciones en Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). pg. 93.

Pujol R.; Zamora I., Sanarrusia. M.L., Bonilla. F. 1998. Estudio de Impacto ambiental del cultivo y procesamiento de café. Programa de Desarrollo Urbano Sostenible. Universidad de Costa Rica.

Raintree, J. B. 1989. Theory and practice of agroforestry diagnosis and design. Nairobi, Kenia: ICRAF.

Ramírez Montenegro, Jorge Domingo, 2000. Economía. Universidad Sur

colombiana. Bogotá. P. 373

Ramírez, Walter., 1990. Manejo de Sistemas Agroforestales. Bogotá.

Rice, R. A.; Ward, J. R. E .1997. El café, la conservación ambiental y el comercio en el hemisferio occidental. Washington, Smithsonian Institution - SMBC.
Consejo para la Defensa de los Recursos Naturales - NRDC, 51 p.

Rodríguez, Edgar Octavo, 2002. Guías técnica para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales, Bogotá.

Sanabria Torres Camilo, 2010. Revista científica Javeriana. Bogotá.

Sánchez L., J. A. 2003. La Agroforestería y el desarrollo sostenible. San Pedro Sula, Fundación Hondureña de investigación Agrícola - FHIA. Programa de Cacao y Agroforestería, 19 p.

Sánchez Fonseca c. lama Daniel. suatunce Pedro, 2008. Hojas caídas y aporte de nutrientes de diez especies forestales tropicales. artículo en ciencia y tecnología 1: 73-78

Santos J.M. 2010. Plan Nacional de Desarrollo 2010- 2014. Prosperidad para Todos, Bogotá.

Toledo, V. M; Moguel P. 1996. En busca de un café sostenible en Mexico de la diversidad biológica y cultural. Ponencia

Torquebiau, E. 1993. Conceptos de agroforestería: una introducción. Chapingo, Universidad Autónoma Chapingo,. 89 p.

Sosa, Romeo 1997. reconocimiento de sistemas agroforestales sombra-café y sus características de responsabilidad y riesgos .catie. costa rica

Vitousek, P., Turner, D., Parton, W. y Sanford, Y. 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: patterns, mechanisms, and models. Ecology 72: 418-429

Villagaray, Sixto Marcelino, 2011. Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú.

Wadsworth, F. H. 1997. Forest production for tropical America. Washington, U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agriculture, 563 p. (Handbook No. 710).

Zuluaga S., Giraldo E. Carolina, Chará Julián, 2011. Servicios ambientales que proveen los Sistemas Silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Colombia. Pg. 36.

ANEXOS

Anexo 1a. **Cultivo de café con sistemas agroforestales, fuente:**

<http://www.cafeore.com/Inicio.html>



Anexo 2b. **Cultivo de café con sistemas agroforestales:**

<http://nortedesantander.com/nds/plantaciones-de-cafe-bajo-sombra-rentables-y-ecologicas/>



Anexo 3c. *Cultivos de café a libre exposición solar, fuente:*

<http://informaciona.com/cultivo-del-caf%C3%A9/videos>



Anexo 4d. Cultivos de café a libre exposición solar, fuente:

<http://www.theprisma.co.uk/wp-content/uploads/2012/06/semillas-que-acaban-con-milenios-de-agricultura3.jpg>

