

**LEÑOSAS PERENNES COMO DOSEL DE SOMBRA EN SISTEMAS
AGROFORESTALES CAFETEROS**

VANESSA ARELLANO CHUNGANA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO-COLOMBIA**

2018

**LEÑOSAS PERENNES COMO DOSEL DE SOMBRA EN SISTEMAS
AGROFORESTALES CAFETEROS**

VANESSA ARELLANO CHUNGANA

**Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar el título de
INGENIERA AGROFORESTAL**

Presidente

WILLIAM BALLESTEROS POSSU, P.hD

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

SAN JUAN DE PASTO-COLOMBIA

2018

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de grado son de responsabilidad exclusivas de sus autores”

Artículo 1 del acuerdo NO. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Académico de la Universidad de Nariño.

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos a:

William Ballesteros Possu, P.hD Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Iván Andrés Delgado MSc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron con la realización del presente trabajo.

Tabla de contenido

1. Introducción	9
2. Materiales y métodos	10
2.1 Caracterización de especies leñosas	11
2.2 Índices de diversidad	12
2.3 Estimación de sombra.....	14
2.4 Volumen	15
3.Resultados y discusión	16
3.1 Caracterización del dosel de sombra en cafetales	16
3.2 Densidad de las leñosas perennes de dosel de sombra.....	18
3.3 Índices de diversidad	19
3.6 Estimación de sombra	23
3.5 Producción.....	24
3.6 Volumen de la madera.....	25
4. Conclusiones	26
5. Bibliografía	27

Lista de tablas

Tabla 1. Diseño de bloques completos al Azar	11
Tabla 2. Fórmulas para el cálculo del índice valor de importancia	12
Tabla 3. Fórmulas para el cálculo de índices de diversidad.....	13
Tabla 5. Caracterización de especies leñosas.	17
Tabla 6. Densidad de las leñosas perennes de dosel de sombra calculado para cada tratamiento	19
Tabla 7. Índices de diversidad para cada uno de los sistemas evaluados ..	22
Tabla 8. Índices de diversidad reportados por cada uno de los municipios estudiados.....	22
Tabla 9. Porcentaje de sombra para cada uno de los tratamientos en las diferentes localidades.....	24
Tabla 10. Producción de café pergamino en los diferentes sistemas productivos evaluados (Kg/ha/año)	25
Tabla 11. Volumen de madera (m ³) de las especies arbóreas en las tres localidades	26

RESUMEN

La ampliación de la frontera agrícola y una serie de actividades mal llevadas son las causas de la disminución de la diversidad, producción y servicios ecosistémicos, ante esta problemática los sistemas agroforestales surgen como una alternativa, que le apunta a la diversificación, permitiendo obtener otros bienes, productos y calidad en producción. Con este estudio se analizó las leñosas perennes presentes como dosel de sombra en sistemas agroforestales cafeteros de los municipios de Sandoná, Buesaco y San Pablo, se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con (3) tres bloques y (4) cuatro tratamientos: cafetal a pleno sol (T1), cafetal y musáceas (T2), cafetal y árboles multipropósitos (T3) y cafetal con musáceas y árboles multipropósito (T4). Se midió densidad de plantas, índices de diversidad, porcentaje de sombra, producción y volumen. Se obtuvo un total de 359 individuos, 37 especies. La mayor densidad de individuos se presentó en el T4 con 108 individuos, el mayor peso ecológico fue el de la especie urapan (*Fraxinus chinensis* Roxb) 70% (T3). El (T4) presentó índices altos de Shannon y bajos en Simpson 1.9 y 0.2 respectivamente. El índice de Jaccard, con un promedio de 0.14, presentó una baja cantidad de especies compartidas entre municipios, el mayor porcentaje de sombra se concentra en el T4 con 84,4%. La producción del café entre localidades oscila de 900 a 3333 kg/año/Ha. Los resultados encontrados indican que los sistemas agroforestales aumentan la producción de café y contrarrestan el deterioro de los recursos naturales y la pérdida de la biodiversidad.

Palabras claves: Diversidad, riqueza, estimación de sombra

ABSTRACT

The degradation of the agricultural frontier and a series of misplaced activities are the causes of the decrease in diversity, production and ecosystem services. Given this degradation, agroforestry systems emerge as an alternative, which aims at diversification, allowing other species to be obtained, products and quality in production. This study analyzed the perennial species present as shade canopy in coffee agroforestry systems of the municipalities of Sandoná, Buesaco and San Pablo, using a Complete Blocks Randomly (BCA), with (3) three blocks and (4) four treatments: coffee plantations in full sun (T1), coffee plantations and agroforestry (T2), coffee and multipurpose species (T3) and coffee with agroforestry and multipurpose species (T4). Plant density, diversity, shade percentage, production and biomass were measured. A total of 359 individuals, 37 species were obtained. The highest density of individuals was presented in T4 with 108 individuals, the highest ecological weight was that of the urapan species (*Fraxinus chinensis* Roxb) 70% (T3). The (T4) presented high Shannon indexes and low ones in Simpson 1.9 and 0.2 respectively. The Jaccard index, with an average of 0.14, presented a low number of shared species among municipalities, the highest percentage of shade is concentrated in the T4 with 84.4%. Coffee production between localities ranges from 900 to 3333 kg / year / Ha. The results found indicate that agroforestry systems increase coffee production and counteract the deterioration of natural resources and the loss of biodiversity.

Keywords: diversity, richness, shadow estimate

1. INTRODUCCIÓN

La historia del café data del siglo XVIII, la transformación de los paisajes naturales por la intensificación de los monocultivos para suplir de alimentos a la creciente población, donde el principal objetivo es obtener grandes volúmenes de cosechas, conllevó a la deforestación y contaminación por la aplicación de productos químicos como herbicidas y pesticidas, trayendo como consecuencia principal la pérdida de la biodiversidad, homogeneidad de ecosistemas y cambios en la estructura vegetal (Gliessman, 2002; Guhl, 2004). La caficultura en Colombia en las últimas décadas se ha caracterizado por ser intensiva, dependiente de un paquete tecnológico basado en monocultivo, variedades mejoradas y uso de agroquímicos (Federación Nacional de Cafeteros, 2008).

Para el 2013, Colombia registra 771.731 ha cultivadas en café, de las cuales, el departamento de Nariño aporta 32.137 ha, que representan el 4,16% (Agronet, 2015), cuya producción es muy apreciada en el comercio internacional, por su denominación de origen (Oberthür *et al.*, 2011). En Nariño, el 87,3% de la caficultura es tecnificada, con árboles jóvenes de 2 a 8 años, variedades resistentes a la roya en un 52,6% (Saldías, 2013).

Modelos climáticos futuros realizados para el departamento de Nariño, han estimado un aumento de temperatura promedio para el año 2050 de 2,8°C, presentándose mayores cambios en la región Andina y la porción Amazónica con valores entre 2,2 y 2,3 °C (Guevara *et al.*, 2016), bajo este escenario de clima futuro, se propone mantener e incorporar árboles en dosel de sombra como el principal mecanismo de mitigación y adaptación al cambio climático.

Los cafetales con sombra conservan una estructura vegetal más compleja que otros sistemas, debido a su técnica de cultivo, es decir al asocio del cultivo de café con especies arbóreas. Este piso superior que cubre los cultivos, cumple diversas funciones, tales como la formación del suelo, la provisión de agua limpia, la regulación del clima, la toma de nutrientes en las capas superficiales y nutrientes lixiviados en las capas profundas del suelo, controlan arvenses y ayudan en la reducción de plagas y enfermedades, así mismo los árboles reducen la velocidad del viento, regulan la humedad y la temperatura dentro del cultivo (Moguel y Toledo, 1999; Soto-Pinto *et al.*, 2001; Farfan *et al.*, 2007).

Los sistemas agroforestales cafeteros, son planteados como una proyección, innovadora y favorable, que contribuyen al desarrollo sostenible y a la conservación de los recursos naturales, debido a la diversificación de especies de esta manera los árboles que proporcionan sombra influyen de manera significativa sobre el crecimiento vegetativo, la floración, la carga de frutos de los cafetos, seguridad alimentaria y la disminución de costos e insumos unitarios de producción, calidad, producción de madera, leña, forraje, frutos, postes para cercas y control de plagas y enfermedades (Angrand, 2002; Benavides, 2013). Así el objetivo de esta investigación fue analizar las leñosas perennes presentes como dosel de sombra, caracterizar las especies encontradas, calcular los índices de diversidad y estimar el porcentaje de sombra en sistemas agroforestales cafeteros del departamento de Nariño y avanzar en la producción de conocimiento alrededor del efecto de dichas especies.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en el departamento de Nariño ubicado en el extremo suroeste del país, en los municipios: Sandoná, San Pablo y Buesaco al centro-norte del departamento, cuentan con una temperatura que oscila entre 14 y 18°C, las precipitaciones van desde los 765mm hasta 1472mm y se encuentran ubicados entre los 1700 y 1959 msnm (Solarte *et al.*, 2007).

Los tipos de sistemas agroforestales cafeteros seleccionados y evaluados se establecieron *a priori* con base en la composición botánica del dosel de sombra, tomando como referencia a (Somarriba, 2002; López *et al.*, 2003; Pinoargote, 2017), para lo cual se realizaron visitas de campo en cada municipio, se evaluó las variables de diversidad de especies de plantas, densidad del cafetal por tipo de planta (frutal, forraje, leña, maderable, ornamental y musácea), índices de diversidad, porcentaje de sombra, producción y volumen de madera.

Se evaluó un total de doce sistemas agroforestales cafeteros, los municipios se seleccionaron por sus rasgos característicos de productividad, rendimiento y representatividad en la región. La unidad experimental fue una parcela de 250 m² (15.81 x 15.81 m) según la metodología propuesta por (Aguilar y Guharay, 2009), y se utilizó un

diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) por localidades, con (3) tres bloques y (4) cuatro tratamientos (tabla 1):

Tabla 1. Diseño de bloques completos al Azar

Bloques	Tratamientos
B1: Buesaco	T1: cafetal a pleno sol
	T2: cafetal y musáceas
	T3: cafetal y árboles multipropósito
	T4: cafetal, musáceas y árboles multipropósito
B2: Sandoná	T1: cafetal a pleno sol
	T2: cafetal y musáceas
	T3: cafetal y árboles multipropósito
	T4: cafetal, musáceas y árboles multipropósito
B3: San Pablo	T1: cafetal a pleno sol
	T2: cafetal y musáceas
	T3: cafetal y árboles multipropósito
	T4: cafetal, musáceas y árboles multipropósito

2.1 Caracterización de especies leñosas

2.1.1 Diversidad y densidad de plantas

Se tomaron medidas dasométricas tales como: el diámetro del tallo a la altura del pecho (1.30 m), altura, área basal de las especies acompañantes en cada uno de los sistemas.

Para obtener el área basal se usó la fórmula 1:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 \dots\dots\dots (1)$$

Dónde: **A**: Área basal; **d**: Diámetro

2.2 Índices de diversidad

2.2.1 Composición florística

La composición florística se determinó mediante la cuantificación del índice valor de importancia (IVI) de las especies; formulado por (Curtis y Mc Intosh, 1951), se calculó para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. Para calcular estos valores se utilizaron las ecuaciones presentadas en la tabla 2.

Tabla 2. Fórmulas para el cálculo del índice valor de importancia

Índice valor de importancia	Fórmula	Valores
Abundancia absoluta	Ni	ni : Número de individuos de la iésima especie
Abundancia relativa	$Ab\% = \frac{ni}{N} * 100$	Ab% : Abundancia relativa ni : Número de individuos de la iésima especie N : Número de individuos totales en la muestra
Frecuencia absoluta	$FrA = \frac{Fi}{Ft} * 100$	FrA : Frecuencia absoluta Fi : Frecuencias absoluta de la iésima especie Ft : Total de frecuencias en el muestreo
Frecuencia relativa	$Fr\% = \frac{FrAni}{FrAT} * 100$	Fr% : Frecuencia relativa FiAni : Frecuencia absoluta de la iésima especie FtAT : Total de las frecuencias en el muestreo
Dominancia absoluta	$Da = \frac{Gi}{Gt}$	Da : Dominancia absoluta Gi : Área basal en m2 para la iésima especie Gt : Área basal en m2 de todas las especies
Dominancia relativa	$D\% = \frac{DaS}{DaT} * 100$	D% : Dominancia relativa DaS : Dominancia absoluta de una especie DaT : Dominancia absoluta

Fuente: (Curtis y Mc Intosh, 1951)

2.2.2 Índice de Shannon y Weiner

Se estimó la riqueza de especies de leñosas para compararla entre tipos de cafetales, este índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995). Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Shannon y Weaver, 1949; Magurran, 1988), fórmulas (Tabla 3).

2.2.3 Índice de Simpson

Además, se calculó el índice de Simpson que manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes, cuando el valor se acerca a 0 hay baja dominancia y 1 representa mayor dominancia (Simpson, 1949), fórmulas (Tabla 3).

2.2.4 Índice de Jaccard

Para estimar la similitud florística de los tipos de sistemas agroforestales cafeteros con sombra (tratamiento 3 y 4), se calculó el índice de Jaccard que expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, el intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies y se presentó en porcentaje (Pielou, 1975) fórmulas (Tabla 3).

Tabla 3. Fórmulas para el cálculo de índices de diversidad

Índices de diversidad	Fórmulas	Valores
Índice de Shannon y Weiner	$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i * \log_2 p_i)$	S: número de especies (riqueza de especies). P_i: proporción de individuos de la especie <i>i</i> respecto al total de individuos (es decir

Índice de Simpson	$D = \frac{\sum_{i=1}^S ni(ni - 1)}{N(N - 1)}$	<p>la abundancia relativa de la especie <i>i</i>), ni/N ni: Número de individuos de la especie <i>i</i> N: Número de todos los individuos de todas las especies S: número de especies. N: total de organismos presentes (o unidades cuadradas). Ni: número de ejemplares por especie. a: Número de especies presentes en el sitio A. b: Número de especies presentes en el sitio B. c: Número de especies presentes en ambos sitios A y B.</p>
Índice de Jaccard	$I_j = \frac{c}{a + b - c}$	

Fuente: (Shannon y Weaver, 1949; Simpson, 1949; Pielou, 1975)

2.3 Estimación de sombra

Para la estimación de sombra, se usó el método de Somarriba (2002), el porcentaje de sombra que recibe un cultivo se estima con base en la oclusión, el diámetro de copa y la densidad poblacional de las plantas del dosel de sombra, para lo cual se tomaron cuatro medidas básicas:

- Área total de la plantación o parcela de muestreo (**at**).
- Número de árboles (**n**) en at.
- Diámetro de copa promedio (**d**) o los diámetros de copa de cada árbol (**di**).
- Oclusión promedio de las copas (**o**) ó la oclusión de la copa de cada árbol (**oi**).

Posteriormente se procedió con el siguiente algoritmo;

1. Con el diámetro de copa (**d** o **di**) se calcula el área de proyección vertical de la copa (**a** o **ai**) suponiendo una forma circular fórmula 2:

$$a = d^2 * \frac{\pi}{4} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde: **d**: Diámetro de copa

2. Luego se ajustó el área de proyección de copa con el factor de oclusión de la copa (**o** y **o_i**) para estimar el área “tapada “por árbol; se estimó la superficie tapada en toda la plantación o parcela de muestreo (**b**) expandiendo el área por árbol a toda la población arbórea, fórmula 3.

$$b = n * a * o \dots\dots\dots(3)$$

Dónde: **n**: Número de árboles. **A**: Área de proyección vertical de la copa. **O**: Oclusión promedio de las copas.

3. Por último, se dividió el área tapada “**b**” entre el área total de la plantación o parcela (**a_t**) y se lo expresó en porcentaje.

2.4 Volumen

Con la información resultante de las mediciones dasométricas realizadas (dap, y altura); es posible aproximarse a la cubicación y cantidad de madera que se puede extraer, dado que el volumen matemáticamente relaciona estas dos variables, es factible estimar el volumen de madera como insumo para resaltar los beneficios económicos de la misma. Cabe resaltar que hay diferentes clases de volumen, en este caso el volumen de interés es el comercial, el cual no incluye las ramas, partes afectadas del individuo y segmentos delgados del fuste (Cancino, 2004)

Para la obtención de volumen de madera se usó la fórmula 4 y se tuvo en cuenta el factor forma para cada especie evaluada, los valores de dicho factor se presentan en la tabla 4:

Tabla 4. Factor de forma según la forma del fuste de las especies arbóreas

Tipo dendrométrico del fuste	Factor forma
Cilíndrico	1
Paraboloide	0.5
Cono	0.33
Neiloide	0.25

Fuente: (Rojas, 1977).

$$V = DAP^2 * \pi * Ht * Ff \dots\dots\dots(4)$$

Dónde: **DAP²**: Diámetro a la altura del pecho (m). **π** : Constante 3.1416. **Ht**: Altura total (m). **Ff**: Factor de forma

Análisis estadístico

Se realizó la sistematización de la información sobre las variables a evaluar en el dosel de sombra en los diferentes tratamientos para cada municipio, y se efectuó un análisis de varianza para detectar diferencias estadísticas, cuando estas se presentaron con una prueba de comparación de medias de Duncan se separaron los tratamientos. Todo esto con una probabilidad del 95% utilizando el programa SAS V. 9.4.

3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización del dosel de sombra en cafetales

Se inventariaron un total de 359 individuos, 37 especies, 25 familias y un promedio de 4.1 especies/cafetal en los diferentes sistemas, se clasificó por tipo de planta obteniendo 58% frutales, 13% forraje ,13% ornamental, 13% maderable y 1% leña (tabla 5), el grupo de los frutales fue el mejor representado, ya que generalmente son especies perennes y al establecerse en la finca ocupan el suelo por tiempo indefinido, lo que le confiere una mayor estabilidad en el sistema; además, estos tienen una gran adaptabilidad al clima tropical aumentando la economía familiar por los bienes obtenidos de los cafetales que son importantes aportes a los medios de vida (Rodríguez *et al*, 2007; Méndez *et al*. 2013). Muchos son utilizados para consumo doméstico o venta, dependiendo de las necesidades económicas y nutricionales de las familias (Leakey *et al.*, 2015).

La caracterización permite planificar y determinar un aprovechamiento oportuno de las especies y generar mayor beneficio económico. De las plantas asociadas al café se obtuvieron varios productos, los mismos que se encontraron en Madriz, Nicaragua: madera, frutas y leña Rahn *et al.* (2013), por otra parte, la cantidad de especies encontradas no tuvo una diferencia significativa comparada con lo encontrado por (Pinargote, 2017) donde

menciona que en Nicaragua la cantidad de especies por cafetal es de 4.9, en contraste a esto Gross *et al.* (2014) reportan 2.79 especies/parcela, en Brasil la cantidad fue el doble con 10.8 especies/parcela Souza *et al.* (2012), estos valores pueden diferir debido a las diversas condiciones agroclimáticas, además del tipo de muestra y trabajo que se realizó en cada país.

Tabla 5. Caracterización de especies leñosas.

Especie	Nombre común	Nº de individuos	Uso
<i>Annona cherimola</i> Miller	Chirimoya	2	Frutal
<i>Bixa 17úcum</i> L.	Achote	1	Frutal
<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	13	Frutal
<i>Citrus latifolius</i> Tanaka ex Q. Jiménez	Lima	1	Frutal
<i>Citrus 17úcum</i> (L.) Osbeck	Limón	17	Frutal
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja	7	Frutal
<i>Coffea arabica</i> L.	Café	1371	Frutal
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Nogal cafetero	5	Maderable
<i>Cyphomandra betacea</i> (Cav.) Sendtn.	Tomate de árbol	16	Frutal
<i>Eugenia jambos</i> L.	Pomarroso	1	Maderable
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	Pillo, liberal	7	Ornamental
<i>Fraxinus chinensis</i> Roxb	Urapan	3	Maderable
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Chicharro	6	Ornamental
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Pillo	6	Maderable
<i>Inga edulis</i> Mart.	Guamo	5	Frutal
<i>Lafoensia acuminata</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Guayacan	2	Maderable
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	5	Frutal
<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standl	Nispero	6	Frutal
<i>Matisia cordata</i> Bonpl.	Zapote	1	Frutal
<i>Musa × paradisiaca</i> L.	Plátano	28	Frutal
<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (K Mc V.)	Arrayan	5	Maderable
<i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh	Guayabo	2	Ornamental
<i>Myrsine</i> sp	Mote	2	Leña
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Cajeto	3	Ornamental
<i>Persea americana</i> Mill. Var Hass	Aguacate	6	Frutal
<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham.	Pino	3	Maderable
<i>Pouteria 17úcum</i> (Ruiz & Pav.) Kuntze	Maco	1	Ornamental
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	7	Frutal
<i>Saurauia parviflora</i> Triana & Planch.	Moquillo	1	Ornamental
<i>Senna pistaciifolia</i> (Kunth) H.S. Irwin & Barneby	Pichuelo	1	Ornamental

<i>Senna spectabilis</i> (DC.) H.S. Irwin & Barneby	Vainillo	2	Ornamental
<i>Solanum ovalifolium</i> Dunal	Cujaco	1	Ornamental
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson	Guayacan	3	Maderable
<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	Nacedero	20	Forraje
<i>Vasconcellea cundinamarcensis</i>	Chilacuan	1	Frutal
<i>Verbesina arborea</i> Kunth	Colla blanca	7	Forraje
<i>Viburnum pichinchense</i> Benth.	Pelotillo	2	Ornamental

3.2 Densidad de las leñosas perennes de dosel de sombra

La densidad de especies se categorizó por uso y tipo de sistema (tabla 6), encontrando mayor densidad en el T4 con un total de 108 individuos. Este tipo de asociaciones genera otras opciones de ingresos, servicios y una dinámica diferente logrando aportar alternativas eficientes de uso de la tierra, debido a la capacidad de optimizar los efectos benéficos de las interacciones que ocurren entre componentes arbóreos y el café, aprovechando al máximo el rendimiento total de un área, reduciendo la contaminación del suelo y la pérdida de la biodiversidad (Muschler, 2000; Leal y Navas, 2000; Altieri, 2002).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en campo 108 individuos, se puede comparar con algunos países como México, Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Colombia, Van Rikxoort *et al.* (2014) indican que la densidad de árboles promedio es de 221 individuos ha⁻¹ pero Souza *et al.* (2012) encontró 336 árboles ha⁻¹ para la Zona da Mata en Brasil. Esto resultados muestran diferencias significativas con los valores encontrados en este estudio, del cual se puede inferir que los sistemas han sufrido una progresiva transformación.

Por otra parte, la introducción de leñosas perennes multipropósito en sistemas cafeteros es algo nuevo debido a que el paquete tecnológico fomentaba el monocultivo del café, no obstante, la introducción de estas especies es una opción para la adaptación al cambio climático, participación en mercados de cafés especiales y certificación de fincas ya que la actividad productiva principal es el cultivo de café (Segura y Andrade, 2012; Pinargote, 2017).

Tabla 6. Densidad de las leñosas perennes de dosel de sombra calculado para cada tratamiento

Tipo de sistema/uso	Forraje	Frutal	Leña	Maderable	Ornamental	Total
T1			(Monocultivo)			
T2			(Café y musáceas)			
T3	7	66	2	10	6	91
T4	20	53	0	18	17	108
Total	27	119	2	28	23	199

3.3 Índices de diversidad

3.3.1 Composición florística

El mayor peso ecológico se obtuvo en el T3 (cafetal y árboles multipropósito) con la especie: urapan 70% (*Fraxinus chinensis* Roxb), y en el T4 (cafetal, musáceas y árboles multipropósito) nacedero 28.8% (*Trichanthera gigantea* (Bonpl.) Nees) como se observa en las figuras 1 y 2, dichas especies se pueden definir como las de mayor importancia estructural; los resultados encontrados son importante debido a que permiten dan a conocer que especies poseen susceptibilidad y rápida respuesta a los cambios, por lo que (Altieri y Nicholls, 2005) proponen su uso como indicadores de calidad o alteración ambiental, además, se considera que es el principio fundamental de la agricultura sostenible debido a el rol que juega la biodiversidad en el funcionamiento de los sistemas agrícolas (Schrothy y Sinclair, 2003).

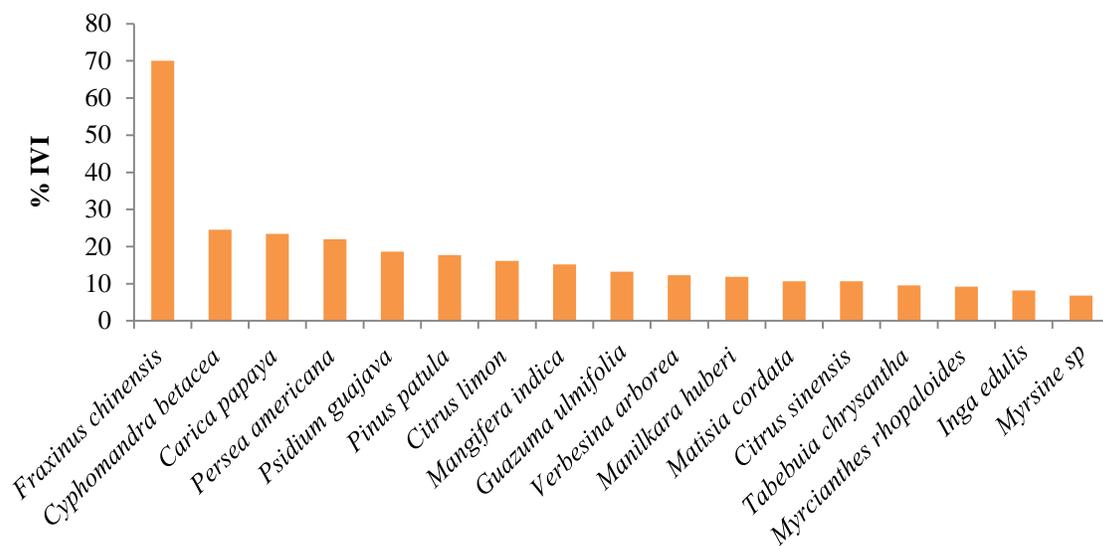


Figura 1. Índice de valor de importancia calculado para el sistema cafetal y árboles multipropósito (T3)

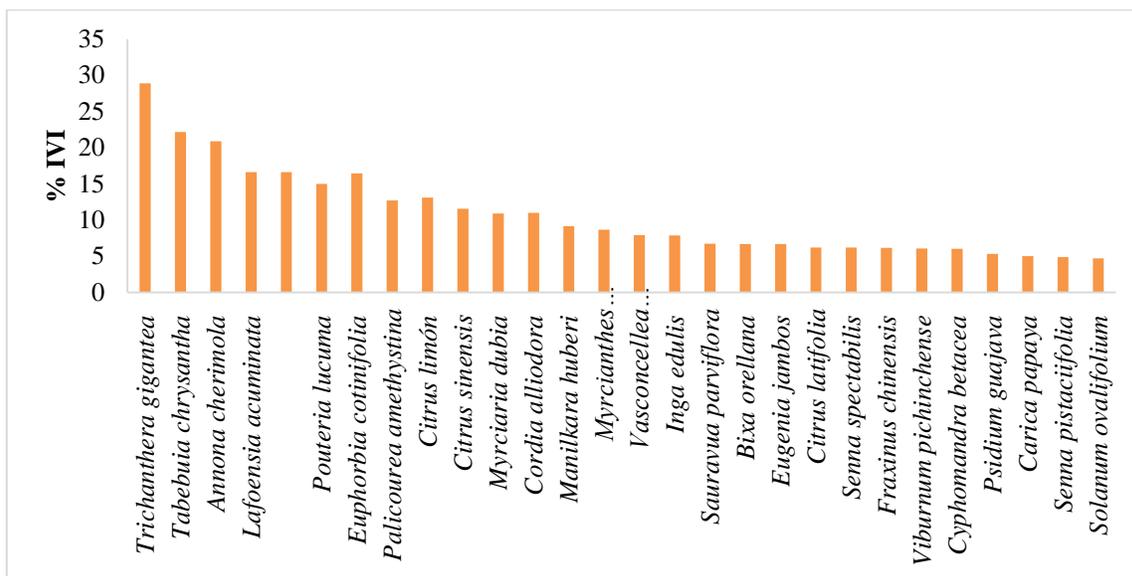


Figura 2. Índice de valor de importancia calculado para el sistema de cafetal, musáceas y árboles multipropósito (T4)

Se encontró un bajo índice en las especies mote (*Myrsine sp.*) y Cujaco (*Solanum ovalifolium* Dunal) en los T3 y T4, lo cual, está directamente relacionado con la decisión del agricultor al momento de elegir la especie a sembrar, ya que dichas especies afectan al cultivo por sus características de tamaño, disposición espacial, manejo, costo debido a esto el productor encuentra dificultad en el asocio de estas especies con el cultivo (Leal, 2004)

3.3.2 Índices de Shanon-Weiner y Simpson por tipo de tratamiento

El índice de Shanon-Weiner y Simpson presentan diferencias significativas ($P > F 0.0001$), encontrando que el T4 tiene mayor equidad y menos dominancia de especies; en el T3 se presenta equidad y dominancia intermedia, el T2 tiene mayor dominancia y menor equidad en relación con los otros tratamientos, finalmente el T1 no presenta diversidad y hay dominancia de una sola especie (Tabla 7). Los valores más representativos se encuentran en los T3 y T4 debido a que aumenta la complejidad de los agroecosistemas al asociar plantas de café, árboles frutales, árboles multipropósito y maderables (Bolaños, 2001; Solórzano y Cáceres, 2012).

Teniendo en cuenta los resultados encontrados es importante recalcar la importancia que tiene la biodiversidad ya que dichos sistemas prestan una serie de servicios ecológicos esenciales. Entre éstos se cuentan la formación del suelo, la fotosíntesis, la polinización, fundamentales para la agricultura. La biodiversidad también es esencial para regular el clima, el ciclo del agua y los procesos erosivos. Se calcula que el 40 % de la economía mundial descansa en la biodiversidad y los servicios ambientales de los ecosistemas. Algunos de los bienes obtenidos son la madera, los vegetales, los productos farmacéuticos y ornamentales, así como los servicios de carácter cultural, el más importante de ellos el turismo, muy dependiente de la calidad paisajística y ambiental (WWF, 2010).

En concordancia con lo reportado por Campo y Duval (2014) el índice de Simpson fue de 0.10 indicando que no hay especies dominantes, como en los T3 y T4 dada la diversidad de especies que se encuentran en las zonas, en cuanto al índice de Shannon y Weiner arrojó un valor de 2.51, no hay una diferencia notable, sin embargo, existe equidad para ambas investigaciones. De igual manera ocurrió en la comunidad de Zaragoza donde los Índices

de diversidad entre fincas como el índice de Shannon y Weaner presentaron valores medios, donde solamente el 53 % se encontró entre un rango de 1.5 y 3.5; por lo que el 47% de las fincas estudiadas se consideran con media diversidad (Lores *et al.*, 2009).

Tabla 7. Índices de diversidad para cada uno de los sistemas evaluados

Índices/ tipos de sistema	Índice de Shannon y Weiner	Índice de Simpson
Tratamiento 1	0,0	1,0
Tratamiento 2	0,6	0,6
Tratamiento 3	1,8	0,2
Tratamiento 4	1,9	0,2

3.3.4 Índices de Shanon-Weiner, Simpson y Jaccard por municipio

En cuanto al análisis por municipio no hubo diferencias significativas ($Pr > F$ 0.84). Existe media diversidad, equidad y menor dominancia en el municipio de Sandoná con 2.65 y 0.08 para el índice de Shannon-Weiner y el de Simpson respectivamente, en relación con el coeficiente de similitud de Jaccard los valores encontrados tienen un promedio de 0.14, presentando una baja cantidad de especies compartidas entre municipios, lo cual puede obedecer a las condiciones climáticas específicas para cada zona. (Donoso, 2005), además existen una dependencia entre la formación de comunidades vegetales, la capacidad productiva del sitio y las condiciones climáticas, demostrando que las unidades de paisaje son distintas unas de otras, pese a que comparten otro tipo de características (Cano y Stevenson, 2009) (Tabla 8).

Los resultados obtenidos en campo son similares a lo encontrado por Enríquez (2016), con un índice de Jaccard de 0.24 entre cuatro parcelas de cafetales bajo sistemas agroforestales y bosque secundario.

Tabla 8. Índices de diversidad reportados por cada uno de los municipios estudiados

Municipio	Índice de Shannon y Weiner	Índice de Simpson	Índice de Jaccard
B1 Buesaco	1,46	0,09	0,125

B2 Sandoná	2,65	0,08	0,167
B3 San Pablo	2,50	0,08	0,154

3.6 Estimación de sombra

Entre tratamientos se presentaron diferencias significativas ($p > 0.0325$), cuando se comparó con el testigo, mientras que entre localidades no se encontraron diferencias, en la Tabla 9 se puede observar que el mayor porcentaje de sombra se concentra en el T4 con un valor de 84,8%, el efecto más directo de la sombra se da sobre la intensidad y calidad de luz solar, ya que actúa como filtro influyendo directamente sobre la fisiología de las plantas, especialmente en la fotosíntesis y la respiración. Además, se mejora la calidad de la cosecha. En relación a esto, se ha observado que el fruto madura más lentamente y con menor daño de antracnosis y mancha de hierro (Asociación nacional del café, 2012).

Por otro lado, cuando el cafetal está bajo la luz solar directa, la temperatura de las hojas puede ser más alta que la del ambiente, ocasionando que las hojas del cafeto se deshidraten tornándose flácidas, por el contrario, un cafetal bajo sombra densa puede tener niveles de diversidad biológica casi similares a bosques, dentro de la cual, sobresale en importancia la diversidad microbiana que influye en el control biológico de plagas (Asociación nacional del café, 2014).

Las especies que presentan mayor porcentaje de sombra en el cafetal son el cajeto (*Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC.) y guayacan (*Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson) con 90 y 83% respectivamente, se debe tener en cuenta que la intensidad de sombra en los sistemas agroforestales varía de acuerdo con la especie, la densidad de siembra, la edad, la altura, el espaciamiento y la estructura de las copas del componente arbóreo. Dadas las características variables de las condiciones fisiográficas y climáticas de la región cafetera de Colombia, es difícil generalizar y establecer un único patrón de sombra para el café, por lo cual es necesario plantear ajustes teniendo en cuenta la ubicación geográfica, especie del árbol de sombrero, disponibilidad de radiación solar y agua presente en la región (Farfán, 2007; CENICAFE, 2009).

Tabla 9. Porcentaje de sombra para cada uno de los tratamientos en las diferentes localidades

Bloque/tipo de sistema	Buesaco B1	Sandoná B2	San Pablo B3
T1	0	0	0
T2	38,3	11,8	18,7
T3	45,9	56,3	81,7
T4	84,8	61,7	66,4

3.5 Producción

No hubo diferencias significativas entre tratamientos ni entre localidades para la variable producción ($Pr > 0.46$) y ($Pr > 0.77$) respectivamente, sin embargo los valores obtenidos se presentan en la tabla 10, obteniendo mayor producción en el T4 con 3333 kg/año/ha, en Colombia, el sector cafetero ha desempeñado un papel importante en la economía, pues representa el sustento para aproximadamente 560.000 caficultores y sus familias (FNC, 2013, 2014); según el (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014) Nariño está catalogado como un departamento con tendencia a la estabilidad en el mercado nacional, debido al aumento de la producción, ya que cuenta con un promedio de rendimiento de 0,9t.ha-1, superior al promedio nacional 0,8t.ha-1.

Los altos valores de producción encontrados en los tratamientos T3 y T4 se deben a que los sistemas de producción agroforestales hacen más eficientes los factores de producción, por lo tanto, es posible obtener altas producciones de café por hectárea y aumentar la rentabilidad del agricultor (Ramírez *et al.*, 2013).

Por otra parte en cuanto al T4 los beneficios encontrados son varios y esto es gracias a la diversidad de especies que se encuentran en asocio, beneficiando no solo la parte vegetativa de las plantas sino también al entorno que los rodea, estudios realizados por Marín *et al.* (2003) Encontraron que los cafetales bajo el efecto de la sombra producen cerezas de mayor tamaño y peso, con un color más oscuro y mayor densidad del mucílago, generando mayor factor de rendimiento y cualidades organolépticas caracterizadas por mayor dulzor y acidez (Muschler, 2001; Vaast *et al.*, 2006; Bosselmann *et al.*, 2009).

Tabla 10. Producción de café pergamino en los diferentes sistemas productivos evaluados (Kg/ha/año)

Tipo de sistema/ Bloque	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Buesaco	2500	1000	900	3000
Sandoná	1600	1875	2300	2142
San Pablo	2000	1500	2000	3333

3.6 Volumen de la madera

Esta variable se calculó para los T3 y T4 debido a que solo las características de estos agroecosistemas permiten obtenerlo, no se presentaron diferencias significativas ni entre localidades ni tratamientos, solo se puede observar una leve tendencia de presentar más volumen en el T3 ($Pr > f 0.46$) tabla 11. La extracción de madera es casi nula razón por la cual se obtienen bajos valores, además esto puede ser atribuido a las condiciones culturales de la región en la cual las plantaciones de árboles no se siembran bajo ningún tipo de arreglo específico, ni con fines comerciales en cuanto a madera se refiere, sino más bien están encaminados a obtener otros beneficios como lo son autoconsumo de frutos y leña, sombra para los cafetales, venta de productos y paisajismo.

El valor de la madera en pie es crucial para las familias porque representa una cuenta de ahorro que puede ser utilizada cuando se presente alguna emergencia económica y actúa como un factor de riesgo de minimización. Por esa razón es de vital importancia promover el uso de árboles maderables de gran valor comercial, especies como *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* que se consideran “neutrales” (ni benefician ni perjudican) a las plantas de café (Albertin y Nair, 2004). Además, al momento de cosechar la madera son pocos los daños a las plantas de café y las ganancias generadas pueden compensarlos (Somarriba 1990, 1992).

Por otra parte, un estudio realizado en Montenegro, Quindío Sanchez, (2017) reporta que la comercialización de madera producto de los sistemas agroforestales es una buena opción de ingresos ya que se puede vender los árboles en pie por un valor que oscila entre \$72.000 a 270.000 mil pesos mcte dependiendo del tipo de madera, o tablas de 16.3 cm³ en precios de \$500 pesos mcte las maderas regulares, \$700 pesos mcte las maderas valiosas y \$1.400

pesos mcte para maderas muy valiosas; no obstante esta forma de venta de madera se encuentra sujeta al rendimientos de los árboles.

Murgueito, (2009) indica que en Centroamérica los productores reconocen ingresos adicionales a partir de estas prácticas silvícolas, ante la oscilación en los precios de productos. Así, los árboles maderables se constituyen en una buena alternativa económica y en la posibilidad de mejorar las condiciones ambientales dentro de los sistemas de producción.

Tabla 11. Volumen de madera (m3) de las especies arbóreas en las tres localidades

Tipo de sistema/ Bloque	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Buesaco	0,0031	0,037
Sandoná	0,005	0,022
San Pablo	0,23	0,02

Los cafetales bajo sistemas Eagroforestales presentaron mayor estabilidad económica, aumento en los beneficios ambientales y sociales gracias a la diversificación de las fincas, además son una herramienta valiosa como parte de la adaptación y mitigación al cambio climático, por otra parte también podrían ser parte del mercado de cafés especiales específicamente en cafés sostenibles, los cuales son reconocidos por respetar el medio ambiente y la biodiversidad, buscando un equilibrio entre el factor social, económico y los recursos naturales por medio de buenas prácticas agrícolas.

4. CONCLUSIONES

- En la caracterización de las especies leñosas se obtuvo un total de 359 individuos, un promedio de 4.1 especies/cafetal, del total de los individuos el 53% correspondían a árboles frutales, el tratamiento 4 (cafetal, musáceas y árboles multipropósito) demostrando que los productores tienen preferencia por especies de

las cuales se puedan obtener productos agroforestales que pueden ser para autoconsumo o para la venta.

- El índice de valor de importancia (IVI) permitió determinar que especies son las más importantes para cada tratamiento, sin embargo, el índice no toma en cuenta algunas variables que podrían ayudar a reflejar de mejor manera aquellas especies de mayor peso ecológico en términos de finca.
- Los índices de Shannon-Weyner y Simpson fueron de 1,9 y 0,2 respectivamente, indicando mayor equidad y menor dominancia en el tratamiento 4 (cafetal, musáceas y árboles multipropósito), estos resultados son óptimos demuestran diversidad, sin embargo, es importante promover la siembra de especies arbóreas de los cuales se obtengan diversos productos que se puedan comercializar y aportar a la economía familiar.
- El mayor porcentaje de sombra se encontró en el asocio de musáceas y árboles multipropósito, por su composición y diversidad, demostrando que los sistemas agroforestales aportan en el aumento de la producción de café y además servicios ecosistémicos.

5. BIBLIOGRAFÍA

AGRONET. 2015. Red de información y comunicación del sector agropecuario. En: <http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx>. 1 p.; Consulta: octubre 2018.

AGUILAR, A y GUHARAY, F. 2009. Cómo realizar un diagnóstico productivo en nuestro cafetal. Serie Cuadernos de Campo. CATIE, Managua, Nicaragua. 72p.

ALBERTIN, A y NAIR, P.K.R. 2004. Farmers' Perspectives on the Role of Shade Trees in Coffee Production Systems: An Assessment from the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Human Ecology*. 32(4): 443-463.

ALTIERI, M y NICHOLLS, C. 2005. Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture. First edition (English version). United Nations Environment Programme, México D.F, México. 277p.

ALTIERI, M. 2002. Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan, Montevideo. 338 p.

ANGRAND J. 2002. Floración, desarrollo vegetativo y fotosíntesis de *coffea Arábica* L. en diferentes Sistema de cultivo en Pérez Zeledón y Heradía, CATIE, Costa Rica. 25p.

ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ. 2012. La sombra del café. Disponible en: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Sombra.; Consulta: septiembre 2018.

ASOCIACION NACIONAL DEL CAFÉ. 2014. La sombra en el cultivo de café. Disponible en: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Sombra.](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Sombra;); Consulta: septiembre 2018.

BAEV, P. V. Y L. D. PENEV. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, SofiaMoscow, 57 pp.

BENAVIDES, A. 2013. Evaluación de los sistemas agroforestales para la elaboración de un plan de manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos en el Ceypsa, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi". Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.14.p

BOLAÑOS, M. 2001. Unión Nicaragüense de Cafetaleros UNICAFE, el café y su impacto ambiental en Nicaragua. Agroforestería en las Américas. 8(29):46-47.

BOSSELMANN, A. S.; DONS, K.; OBERTHUR, T.; OLSEN, C. S.; RAEBILD, A. & USMA, H. 2009. The influence of shade trees on coffee quality in smallholder coffee agroforestry systems in Southern Colombia. Agriculture, Ecosystems and Environment 129: 253–260.

CAMPO, A. DUVAL, V. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural parque nacional Lihue Calel. Anales de Geografía. vol. 34, núm. 2 25-42.

CANCINO J. 2004. Dendrometría básica. Universidad de Concepción. En: http://www.sibudec.cl/ebook/UDEC_Dendrometria_Basica.pdf. Fecha de consulta: agosto 2017.

CANO, A y STEVENSON, P. 2009. Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación biológica Caparú, Vaupés. Revista Colombia Forestal. 12:63-80

CENICAFE. 2009. Sombrío para el cultivo de café según la nubosidad de la región. En: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0379.pdf>.; Consulta: septiembre, 2018.

CURTIS, J. y R. MCINTOSH. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology. 32. Wisconsin. 496 p.

DONOSO, C. 2005. Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. Universidad Austral de Chile. 720 p.

ENRÍQUEZ, A. 2016. Composición florística en cuatro sistemas agroforestales y dos bosques secundarios ubicados al sur de la Provincia de Manabí, Ecuador. Disertación previa a la obtención del título de Licenciada en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias exactas y Naturales, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Manabí. 31 p.

FARFÁN F., ARCILA P., MORENO B., SALAZAR G., HINCAPIÉ G. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia. En: http://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf. 177p.; consulta marzo 2017.

FARFÁN V, F. 2007. Producción de café en sistemas agroforestales. Sistemas de producción de café en Colombia. Primera edición, Cenicafé-FNC, Chinchiná. 309p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA -FNC- 2013. Comportamiento de la industria cafetera colombiana 2012. En:

https://www.federaciondefaeteros.org/static/files/Informe_Industrial_Completo2012.pdf. 10p. Consulta: octubre 2017.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA –FNC-. 2014. ¿Cómo impactan El Niño y La Niña la producción de café en Colombia?. En: http://www.cafedecolombia.com/bb-fnc-es/index.php/comments/como_impactan_el_nino_y_la_nina_la_produccion_de_cafe_de_colombia. Consulta: junio 2018.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. 2008. Sistema de Información Cafetera. Encuesta Nacional Cafetera. En: https://www.federaciondefaeteros.org/static/files/Informe_Gerente_General_2010.pdf. 28-34p.; consulta: junio 2017.

GLIESSMAN, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 359 p.

GROSS, L.H.; ERICKSON, J.D.; MÉNDEZ, V, E. 2014. Supporting Rural Livelihoods and Ecosystem Services Conservation in the Pico Duarte Coffe Region of the Dominican Republic. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 38(9) 31p.

GUEVARA, O., ABUD, M., TRUJILLO, A., SUAREZ, C., CUADROS, L., LÓPEZ, FLOREZ, C. 2016. Plan Territorial de Adaptación Climática del departamento de Nariño. Corponariño y WWF-Colombia. Santiago de Cali. 154p.

GUHL, A. 2004. Café y cambio de paisaje en la zona cafetera colombiana entre 1970 y 1997. 55(1), CENICAFÉ, Bogotá, Colombia. 29-44 p.

Husch, B., Miller, C. and Beers, T. 1993. *Forest Mensuration*. Krieger Publishing Company, Third Edition malabar, Florida.

LA REPÚBLICA. 2015. Cosecha cafetera necesita de 300.000 recolectores que no ha logrado atraer. La República. Recuperado de http://www.larepublica.co/cosecha-cafetera-necesita-de-300000-recolectores-que-no-ha-lo-grado-atraer_242276. Consulta: Abril 2016.

LEAKEY, R.R.B.; TCHOUNDJEU, Z.; SCHRECKENBERG, K.; SHACKLETON, S.E.; SHACKLETON, C.M. 2015. Agroforestry Tree Products (AFTPs): Targeting Poverty Reduction and Enhanced Livelihoods. 3(1), *International Journal of Agricultural Sustainability*. 23 p.

LEAL, D. 2004. Reforestación en tacotales en la comunidad indígena Cabecar, Talamanca, Costa Rica. En: <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s0q.htm#TopOfPage>. 1 p.; consulta: noviembre 2018.

LEAL, F y NAVAS, J. 2000. Cultivos multiestrato: un modelo de desarrollo agrícola para el área de Barlovento. *Revista de la facultad de agronomía*. 26(1).

LÓPEZ, A., OROZCO, L., SOMARRIBA, E., BONILLA, G. 2003. Tipologías y manejo de fincas cafetaleras en los municipios de San Ramón y Matagalpa, Nicaragua. 10(37-38), Agroforestería en las Américas, Nicaragua, 79 p.

LORES, A. LEYVA A. TEJEDA, T. 2009. Evaluación espacial y temporal de la agrobiodiversidad en los sistemas campesinos de la comunidad “Zaragoza” en La Habana. *Cultrop*. 29:1.

MAGURRAN, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

MARÍN, S. ARCILA, J. MONTOYA, E. OLIVEROS, C. 2003. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, Rendimiento y calidad de la bebida. *CENICAFE*. 54 (4): 298.

MÉNDEZ, V.E.; BACON, C.M.; OLSON, M.B.; MORRIS, K.S.; SHATTUCK, A. 2013. Conservación de agrobiodiversidad y medios de vida en cooperativas de café bajo sombra en Centroamérica. 22(1), *Revista Ecosistemas*, 24p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (2014). Evaluaciones agropecuarias municipales 2013. Bogotá: Grupo de Estadísticas e Información Sectorial - Oficina Asesora de Planeación y Prospectiva - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

MOGUEL, P., TOLEDO, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation biology*. Michoacan, México. 13: 11-21.

MURGUEITIO, E, 2009. Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina Avances en Investigación Agropecuaria. *Redalyc Red de Revistas científicas de América Latina*. Vol. 13 No 1, 3 - 20

MUSCHLER, R. 2000. Árboles en cafetales. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. Módulo No. 5. CATIE, Turrialba. 139 p.

MUSCHLER, R. 2001. Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry System* 85:131–139.

OBERTHÜR, T. LÄDERACH, P. POSADA, H. FISHER, M.J. SAMPER, L. ILLERA, J. JARVIS, A. 2011. Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food policy*. 36(6):783-794.

PEET, R. K. 1974. The measurement of species diversity. 5 ed, *Annual Review of Ecology and Systematics*, New York. 307p.

PIELOU E. 1975. Ecological diversity, John Wiley & Sons, New York. 165 p.

PINOARGOTE, M. 2017. Almacenamiento de carbono y beneficios familiares obtenidos de cafetales en fincas de pequeños productores de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 85p.

PORTAFOLIO. 2015. Sector cafetero se enfrenta a un grave problema. ¿Cuál es? Portafolio. En: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/sector-cafetero-enfrenta-grave-problema-40414>. Consulta: junio 2016.

POVEDA, G., TURBAY, S., VÉLEZ, J. J., LUCÍA, O., CRISTINA, E. & BEDOYA, M. 2014. ¡No sé qué vamos a hacer con estos climas! Vulnerabilidad y adaptación a las variaciones climáticas extremas en la cuenca de la quebrada Los Cuervos, afluente del río Chinchiná, Colombia. Primera edición, Universidad de Antioquia, Medellín. 35p.

RAHN, E. LÄDERACH, P. BACA, M. CRESSY, C. SCHROTH, G. MALIN, D. VAN RIKXOORT, H. SHRIVER, J. 2013. Climate change adaptation, mitigation and livelihood benefits in coffee production: where are the synergies? Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. En: <https://ccafs.cgiar.org/publications/climate-change-adaptation-mitigation-and-livelihood-benefits-coffee-production-where#.W-c0zdJKjIU>. 19p.; consulta: septiembre 2017.

RODRÍGUEZ, A. SÁNCHEZ, P. RODRÍGUEZ, A.; ROD, A. 2007. Los huertos caseros urbanos. Un reservorio de recursos fitogenéticos de frutales. En: XI Jornada Científica "Juan Tomás Roig in Memoriam". Libro de resúmenes: INIFAT. (11:2007: La Habana). p.

ROJAS, A. 1977. Dasometría práctica. Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal. Primera edición. Ibagué. 165p.

SALDÍAS, C. 2013. El servicio de extensión acompañado a la investigación para una mejor atención a los cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano Investigación y tecnología para la sostenibilidad en la de la caficultura, Tomo I. Ed. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Legis, Bogotá D.C. p.47-62.

SANCHEZ, J. 2017. Beneficios de la integración de árboles maderables en sistemas ganaderos convencionales. Tesis de grado administración ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. 15-26.

SCHROTH, G y SINCLAIR, F. 2003. Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods. CABI Publishing, Cambridge. 423 p.

SEGURA, M; ANDRADE, H. 2012. Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica* L.) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica. Luna Azul. 35:60-77.

SHANNON, E; WEAVER, W.1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 p.

SIMPSON, E. 1949. Measurement of Diversity. Nature, 163: 688.

SOLARTE, M. NARVAEZ, G. RIVAS, G. BACA, A. MUÑOZ, D. CALDERON, J. 2007. Proyecto estado del arte de la información biofísica y socioeconómica de los páramos de Nariño. En: <http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/biodiversidad/tomo02caracteristicasbiofisicas.pdf>. 114 9.; consulta: noviembre 2018.

SOLÓRZANO, J. CÁCERES, F. 2012. Programa de Mejoramiento Productivo de la Caficultura para pequeños y medianos productores. Serie de estudios especiales. 15:67

SOMARRIBA, E. 1992. Timber harvest, damage to crop plants and yield reduction in two Costa Rican coffee plantations with *Cordia alliodora* shade trees. *Agroforestry Systems* 18: 69-82.

SOMARRIBA, E. 1990. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. *Agroforestry Systems* 10(3): 253-263.

SOMARRIBA, E. 2002. Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. *Rev Agroforesteria en las Américas, Costa Rica*. 22 p.

SOTO-PINTO, L., ROMERO, J., CABALLERO, N., SEGURA, G. 2001. Woody plant diversity and structure of shade-grown-coffee plantations in Northern Chiapas, México. 49. *Revista de biología tropical, Costa Rica*. 977-987p.

SOUZA, H., DE GOEDE, M. BRUSSAARD, L. CARDOSO, M. DUARTE, E. FERNANDES, R. GOMES, L. PULLEMAN. 2012. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. 146(1). *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 18p.

TURBAY, S., NATES, B., JARAMILLO, F. L., VÉLEZ, J. J. & OCAMPO, O. L. 2014. Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 0(85), 95–112. En: <http://doi.org/10.14350/ig.42298>. Consulta: septiembre 2018.

VAAST, P. BERTRAND, B. PERRIOT, J. J. GUYOT, B. GÉNARD, B. 2006. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal condition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:197-204.

VAN RIKXOORT, H., SCHROTH, G., LÄDERACH, P., RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, B. 2014. Carbon footprints and carbon stocks reveal climate-friendly coffee production. 34(4), *Agronomy for Sustainable Development*, 897 p.

WWF. 2010. Propuesta de WWF y SEO/BirdLife para el desarrollo de un plan para luchar contra la pérdida de biodiversidad en España y el planeta. En: http://awsassets.wwf.es/downloads/folleto_bio_verde.pdf.; consulta: octubre 2018.