



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA de *Coffea arabica* EN
ASOCIO CON *Alnus nepalensis* D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE
JULIO DE CUELLAJE, NORTE DEL ECUADOR.**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo
a la obtención del título de Ingeniero Forestal**

AUTORA

Evelyn Maribel Valles Cisneros

DIRECTOR

Ing. Mario José Añazco Romero, PhD.

IBARRA – ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

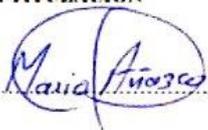
**DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA de *Coffea arabica* EN ASOCIO CON
Alnus nepalensis D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE JULIO DE CUELLAJE,
NORTE DEL ECUADOR.**

Trabajo de titulación revisado por Director y Miembros Asesores, por lo cual se autoriza la
presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERA FORESTAL

APROBADO POR TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACION

MSc. Mario José Añazco Romero, Ph.D.
Director de trabajo de titulación



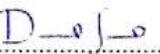
.....

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.
Asesor de trabajo de titulación



.....

MSc. Sono Toledo Daniel David, Ph.D.
Asesor de trabajo de titulación



.....

Ibarra – Ecuador
2021



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior año 2021, hago la entrega del presente Trabajo de Titulación a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, por lo cual pongo a su disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de ciudadanía:	1003816749		
Nombres y apellidos:	Evelyn Maribel Valles Cisneros		
Dirección:	San Antonio de Ibarra		
Email:	emvallesc@utn.edu.ec maribel_1403@hotmail.es		
Teléfono fijo:	(06)2 533-489	Teléfono móvil:	0988819582

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA de <i>Coffea arabica</i> EN ASOCIO CON <i>Simus nepalensis</i> D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE JULIO DE CUELLAJE, NORTE DEL ECUADOR.
AUTORA :	Evelyn Maribel Valles Cisneros
FECHA: DD/MM/AAAA	26/02/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Forestal
ASESOR /DIRECTOR:	Mgs. Mario José Añazco Romero, Ph.D.

2. CONSTANCIA

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, al 26 día del mes de febrero de 2021

LA AUTORA:

(Firma).....

Nombre: Evelyn Maribel Valles Cisneros

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 1-03-2021

Evelyn Maribel Valles Cisneros: **DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA de *Coffea arabica* EN ASOCIO CON *Alnus nepalensis* D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE JULIO DE CUELLAJE, NORTE DEL ECUADOR.** /Trabajo de titulación. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 01 de marzo del 202. 89 pag páginas.

DIRECTOR: Mgs. Mario José Añazco Romero, Ph.D.

El objetivo general del Trabajo de Titulación es: Contribuir con una propuesta de manejo de sombra del sistema agrosilvícola de *coffea arabica* (café) en asoció con *almus nepalensis* D. Don. (aliso).

Fecha: 1-03-2021



.....
Mgc. Mario José Añazco Romero, Ph.D.
Director de trabajo de titulación



.....
Evelyn Maribel Valles Cisneros
Autora

DEDICATORIA

Con gran amor dedico a mi hija, padres y esposo, quienes impulsaron mi camino para concluir con este gran paso académico, ya que me brindaron comprensión y apoyo en los momentos más difíciles y nunca me soltaron, gracias también al esfuerzo y sacrificio que hemos hecho como familia tengo el orgullo de decir que lo he logrado y su gran amor, enseñanzas ha permitido que me convierta en la gran mujer que soy que lucha por cumplir sus sueños sin importar los obstáculos que se presenten infinitas gracias familia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de estar aquí y darme fuerzas para salir en adelante a lo largo de esta gran época de mi vida universitaria.

A mis hermanas, Joselyn y Gloria, a mis tíos por estar conmigo y ayudarme cuando lo necesitaba sobre todo por sus palabras de aliento.

A mi equipo de trabajo Ph. D. Mario Anzco, Ph. D. Sono Daniel, Mgs. Hugo Vallejos y todos los docentes que formaron parte de mi educación por su tiempo, su apoyo, así como su sabiduría que transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigos y familiares que estuvieron presentes durante la realización de esta tesis que durante todo este tiempo pude disfrutar de cada paso que se dio gracias por estar ahí

Al señor Edmundo Varela y familia por su colaboración y atenciones brindadas, donde se realizó la investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Págs.
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específicos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
2 MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Fundamentación legal.....	3
2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).	3
2.1.2 Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017 – 2021	3
2.1.3 Código Orgánico del Ambiente	4
2.2 Línea de investigación.	4
2.3 Fundamentación teórica.	4
2.3.1 Agroforestería.	4
2.3.2 Origen e historia del café o <i>Coffea arabica</i> en Ecuador.....	6
2.3.3 Clasificación taxonómica del <i>Coffea arábica</i>	9
2.3.4 Características morfológicas del <i>Coffea arábica</i>	9
2.3.5 Descripción de la especie forestal <i>Alnus nepalensis</i> D. Don.....	11
2.3.6 La función de los árboles en los sistemas asociados con café.....	13
2.3.7 Asociación árbol y cultivo de café.....	15

2.3.8 Investigaciones similares	16
3 MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Ubicación del sitio	18
3.1.1 Política	18
3.1.2 Geográfica.....	18
3.1.3 Límites	18
3.2 Datos climáticos.....	19
3.3 Materiales, equipos y software	19
3.3.1 Materiales.	19
3.3.2 Equipos.	20
3.4 Metodología.....	20
3.4.1 Delimitación del área de estudio.....	20
3.4.2 Análisis del tipo de sombra, auto sombra y la distribución espacial del sistema agrosilvícola de café en asoció con Aliso.....	21
3.4.3 Relación de la altura de copa del árbol y la velocidad de transito de la copa sobre el suelo.....	26
3.4.4 Definición de técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra.....	28
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Análisis del tipo de sombra, auto sombra y la distribución espacial del sistema agrosilvícola.	30
4.1.1 Variables dasométricas de <i>A. nepalensis</i>	30

4.1.2 Variables dasométricas de <i>Coffea arabica</i>	32
4.1.3 Prueba de hipótesis para <i>A. nepalensis</i>	35
4.1.4 Prueba de hipótesis para <i>Coffea arábica</i>	36
4.1.5 Tipo de sombra y distribución espacial de las copas.	37
4.1.6 Porcentaje de sombra y autosombra de <i>Coffea arábica</i>	39
4.2 Altura de copa del árbol y la velocidad de transito de la copa sobre el suelo.	41
4.2.1 Regresiones copa forestal y velocidad de la sombra en el suelo.	41
4.2.2 Reflejo de la sombra de <i>A. nepalensis</i> en el sistema agroforestal.	43
4.3 Definición de técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra y socializar con los habitantes de la Parroquia Seis de Julio de Cuellaje.	47
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1 Conclusiones.....	52
5.2 Recomendaciones	52
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedios de las variables dasométricas por parcela de <i>A. nepalensis</i>	30
Tabla 2. Estadística descriptiva general de las variables dasométricas.....	26
Tabla 3. Variables dasométricas por tipo de café	27
Tabla 4. Variable dosimétrica por origen del café.....	34
Tabla 5. Prueba de t de Student para el <i>Alnus nepalensis</i>	36
Tabla 6. Prueba de “t” de Student para <i>Coffea arabica</i>	37
Tabla 7. Porcentaje de sombra de las especies y del sistema (%):.....	40
Tabla 8. Velocidad de tránsito m/h.	41
Tabla 9. Técnicas de manejo de sistemas agroforestales.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patrones o tipos de sombra.....	14
Figura 2. Mapeo de sombra.....	26
Figura 3. Análisis de regresión lineal entre área de copa y altura total de <i>A. nepalensis</i>	32
Figura 4. Análisis de regresión de Diámetro de copa inferior vs altura de la planta	33
Figura 5. Análisis de regresión de diámetro de copa superior vs altura de la planta, diámetro de copa inferior vs altura de la planta y diámetro de copa inferior vs diámetro de copa superior.....	35
Figura 6. Distribución de sombra y tipo de sombra.....	38
Figura 7. Análisis de regresión entre velocidad de retroceso, velocidad de avance y velocidad promedio & diámetro de copa.....	41
Figura 8. Análisis de regresión lineal de velocidad de avance, velocidad de retroceso y velocidad promedio & altura de copa.....	42
Figura 9. Desplazamiento de sombra en horas de la mañana.....	43
Figura 10. Desplazamiento de la sombra en horas de la tarde.....	45
Figura 11. Folleto de la socialización cara anverso.....	47
Figura 12. Folleto de la socialización cara reversa.....	48

TITULO: DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA de *Coffea arabica* EN ASOCIO CON *Alnus nepalensis* D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE JULIO DE CUELLAJE, NORTE DEL ECUADOR.

Autor: Evelyn Maribel Valles Cisneros

Director de trabajo de titulación: Mgs. Mario José Añazco Romero, PhD.

Año: 2021

RESUMEN

El manejo inadecuado de sombra puede afectar a la producción del café. En la parroquia Seis de Julio de Cuellaje, zona de Intag, cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura, se han implementado sistemas agrosilvícolas donde se combinan árboles con cultivos perennes como es el caso de café *Coffea arabica* y aliso *Alnus nepalensis* D. Don, sin embargo, se desconoce el nivel óptimo de sombra que requiere el café para su adecuado desarrollo y producción. El estudio tuvo como objetivo general contribuir con una propuesta de manejo de sombra del sistema. Se empleó las metodologías propuestas de Somarriba que consistió en describir el tipo de sombra y autosombra del sistema agrosilvícola, relacionar la altura de copa del aliso con respecto a la velocidad de tránsito de la sombra sobre el suelo y se definir técnicas de intervención para socializar con la Parroquia se utilizó la metodología de La Torre, (2012) y Escarraman, (2018). Se comprobó que la sombra en el sistema es heterogénea para todas las parcelas, siendo de tipo rala, tupida y densa; se presentó una autosombra promedio de 56% y de aportación de la especie forestal es de 36,8% con un promedio de 92,1 para el sistema, además se evidencia que no existe una relación entre la copa y la velocidad de sombra; se realizó un folleto de Manejo de sistemas agroforestales de café y aliso en el cual se propuso seis técnicas como defoliación manual, eliminación de plantas parásitas, podas, corte, ventilación y raleo. Se determinó que la sombra es heterogénea, a excepción de la parcela P4 donde existe un excedente de cafetales, tiene la característica de menor luminosidad y se encuentra en el extremo sur este del cuadrante de parcelas.

Palabras clave: agrosilvícola, aliso, autosombra, café.

**TITLE: DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA de *Coffea arabica* EN ASOCIO
CON *Alnus nepalensis* D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE JULIO DE
CUELLAJE, NORTE DEL ECUADOR**

Author: Evelyn Maribel Valles Cisneros

Director of degree work: Mgs. Mario José Añazco Romero, PhD.

Year: 2021

ABSTRACT

Improper shade management can affect coffee production. In the Seis de Julio de Cuellaje parish, Intag area, Cotacachi canton, Imbabura Province, agroforestry systems have been implemented where trees are combined with perennial crops, such as coffee *Coffea arabica* and alder *Alnus nepalensis* D. Don, however, the optimal level of shade that coffee requires for its proper development and production is unknown. The general objective of the study was to contribute with a proposal for the system's shadow management. A methodology was employed to describe the type of shadow and self-shade of the system agrosilvicultural, relate cup height of alder with respect to the speed of transit of the shadow on the ground and intervention techniques set to socialize with Parish is used the methodology of La Torre, (2012) and Escarraman, (2018). It was found that the shade in the system is heterogeneous for all the plots, being sparse, dense and dense; an average self-shade of 56% was presented and the contribution of the forest species is 36.8% with an average of 92.1 for the system, in addition it is evidenced that there is no relationship between crown and shadow speed; was made a brochure Management coffee agroforestry systems and alder which proposed six techniques as well as a manual defoliation, removal of parasitic plants, pruning, cutting, ventilation and thinning. It was determined that the shade is heterogeneous, with the exception of plot P4 where there is a surplus of coffee plantations, it has the characteristic of less luminosity and is located in the extreme south east of the quadrant of plots.

Keywords: agrosilvicultural, alder, self-shade, coffee.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país característico por producir café, tiene la capacidad de exportar café arábico lavado, arábico natural y robusta, con una gran demanda en Estados Unidos y Europa (Galindo, 2011), *Coffea arabica* es una especie originaria de los bosques naturales Etiopía, por lo tanto, su memoria genética está vinculada a recibir sombra; producir café sin sombra trae una fuerte demanda de agua, nutrientes y un desgaste de suelo (Santander, 2012). Lo antes expuesto y sumado al cambio climático, el aumento de la temperatura ha provocado el estrés calórico de animales y plantas del mundo. En el Ecuador las principales provincias productoras de *Coffea arabica* son Manabí, Loja, El Oro, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Pastaza, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Cañar, Cotopaxi, Pichincha, Santo Domingo, Imbabura, Carchi, Los Ríos, Guayas Esmeraldas y Galápagos (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2020).

Por otra parte, en la parroquia Seis de Julio de Cuellaje, zona de Intag se han implementado sistemas agrosilvícolas, donde se combinan árboles con cultivos perennes como es el caso de café y aliso conocido como *Alnus nepalensis* D. Don, donde como menciona Cevallos, (2017) existen prácticas de árboles con cultivos perenes, cercas vivas, cortinas rompe vientos y linderos maderables entre los principales sistemas, que presentan el asocio de *A. nepalensis* comúnmente con cabuya, granadilla, plátano, frejol, lecheros, café, tomate y caña. *A. nepalensis* es una especie introducida que presenta un gran potencial en la zona por su adaptabilidad entre otras características, siendo así que los sistemas de árboles proporcionan sombra al cafeto y contribuyen a mejorar las condiciones por el cambio climático que se está dando en la tierra. (Montagnini, Somarriba, Murgueitio, Fassola, & Eibi, 2015).

Alnus nepalensis D. Don y *Coffea arabica* son especies de gran importancia para la parroquia de Cuellaje ya que con estas especies se han establecido sistemas agroforestales que, según lo registrado Cevallos (2017), el 10% de los sistemas agroforestales de la parroquia son con el asocio de *las dos especies*, por lo que se puede decir que representa un gran potencial socioeconómico. Debido a las características que presentan las especies, se requiere que los sistemas establecidos en la parroquia sean estudiados en lo que

respecta a la sombra y autosombra, debido a que como lo menciona Suatunce Cunuhay (2009) estos aspectos que determinan el funcionamiento de en un sistema agrosilvícola han sido poco analizados. En base a lo antes mencionado la investigación permitió solucionar algunos aspectos como es determinar el nivel óptimo de sombra que requiere el café para su adecuado desarrollo y producción, identificar la distribución espacial del sistema, relacionar la velocidad de transito de luz con altura del árbol y así poder identificar cuáles son las mejores técnicas de manejo de sombra, identificando el efecto del servicio ambiental. Convirtiéndose esta en una aliada para la producción y productividad del café y el trabajo será brindar información del asocio del cultivo.

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Contribuir con una propuesta de manejo de sombra del sistema agrosilvícola de *Coffea arabica* (café) en asoció con *Alnus nepalensis* D. Don. (Aliso).

1.1.2 Específicos.

- Analizar el tipo de sombra, auto sombra y la distribución espacial del sistema agrosilvícola de *Coffea arabica* (café) en asoció con *Alnus nepalensis* D. Don. (aliso).
- Relacionar la altura de copa del árbol y la velocidad de transito de la copa sobre el suelo.
- Definir técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra y socializar con los habitantes de la Parroquia Seis de Julio de Cuellaje.

1.2 Hipótesis

Ho: La sombra actual del sistema agrosilvícola es afín con los requerimientos de sombra del café.

Ha: La sombra actual del sistema agrosilvícola es diferente de los niveles de sombra apropiados que requiere el cultivo de café.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación legal

2.1.1 Constitución de la República del Ecuador (2008).

Art. 14; Sección segunda Ambiente sano; del Capítulo segundo Derechos del buen vivir; TITULO II DERECHOS: Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007, 2008).

Art. 395; Sección primera Naturaleza y ambiente; del Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales: El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007, 2008)

2.1.2 Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida 2017 – 2021

El presente estudio se enmarca en el eje 1: Derechos para todos durante toda la vida, del objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones; en la política 3.5: Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables, propiciando la corresponsabilidad social y el desarrollo de la bioeconomía. Con metas al 2021: Mantener el 16% de territorio nacional bajo conservación o manejo ambiental a 2021 (República del Ecuador Consejo Nacional de la Planificación, 2017-2021, págs. 64-67).

2.1.3 Código Orgánico del Ambiente

Art. 119; CAPÍTULO VI Restauración Ecológica, Plantaciones Forestales y Sistemas Agroforestales Prioridad Nacional. Las plantaciones forestales con fines de conservación y producción son de prioridad nacional: Se impulsarán e implementarán programas o proyectos de reforestación con fines de conservación o restauración, especialmente en las zonas de manglar o servidumbres ecológicas afectadas, y en general, en todas aquellas áreas que se encuentren en proceso de degradación. Solo procederán las plantaciones forestales con fines de conservación que se ejecuten con una combinación de especies nativas o con fines de enriquecimiento y aceleración de la sucesión secundaria o en programas especiales para zonas prioritarias seleccionadas. Las plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción constituirán medios para aliviar la presión sobre los bosques naturales, por la demanda de madera y sus derivados (Código Orgánico del Ambiente [COA], 2018).

Art. 124; Capítulo VI Restauración Ecológica, Plantaciones Forestales y Sistemas Agroforestales: De los Sistemas Agroforestales. Los sistemas agroforestales y los árboles de la regeneración natural orientarán sus actos de la siguiente forma: 1. Solo calificarán como sistemas agroforestales aquellas combinaciones de especies forestales y cultivos que cuenten con suficiente densidad de árboles, conforme con las normas técnicas de la materia (COA, 2018)

2.2 Línea de investigación.

El estudio se realiza en la línea de investigación de la carrera: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.3 Fundamentación teórica.

2.3.1 Agroforestería.

Somarriba (1990) dice que la agroforestería es un área donde interactúan especies leñosas, perenes, cultivos y animales, en forma de cultivo mixto de representación simultánea o secuencial y son aplicables para ecosistemas frágiles y estables, optimizando

la producción del sistema, los componentes interactúan buscando una finalidad biológica y económica.

Según Delgado Burgoa, Serrano, & Bilbao Paz, (2001) mencionan que: La agroforestería es una herencia de producción, conservación, manejo y aprovechamiento de especies maderables, no maderables y animales, para obtener una producción sostenible y sustentable en el tiempo; también permite restaurar los bosques y tierras degradadas, apoyando a la biodiversidad, protegiendo la seguridad alimentaria y mitigar la pobreza (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, por sus siglas en inglés [FAO], 2017).

2.3.1.1 Importancia de la agroforestería.

La importancia de la agrosilvicultura es de carácter social, económico y ecológico teniendo en cuenta que se refiere al conjunto de prácticas relacionadas con el uso de la tierra siendo una práctica muy antigua que consiste en la combinación de árboles, cultivos agrícolas o perennes y/o animales (FAO, 2005).

2.3.1.2 Sistemas agroforestales.

Según el CATIE (1999) citado por (Calles, 2007). Los sistemas agroforestales (SAFs) son alternativas ecológicas y productivas siendo una práctica de las más antiguas del mundo, esta sale a flote desde la necesidad del uso sostenible de la tierra en los 70`s manteniendo una dinámica en el suelo y la diversidad.

Coda Salgado (2011) considera a la agroforestería como una alternativa y oportunidad para que los pequeños productores pueden hacer uso integral y racional de los recursos naturales, especialmente el suelo. En este sentido, para Sánchez, (1995) los sistemas agroforestales son la interacción entre árboles con componentes tradicionales como cultivo, forraje o animales. A aproximadamente 1.200 millones de personas dependen de los SAFs ya que estos están presentes en los trópicos a gran escala y puede satisfacer necesidades locales, también captura y almacena CO₂ contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Casanova Lugo, Petit Aldana, & Solorio Sanchez, 2010).

2.3.1.3 Clasificación de sistemas agroforestales.

Iglesias (1999) indica que la categorización de los sistemas es necesaria para el mejoramiento de estos, han sido clasificados de diferentes maneras: según su estructura en el espacio, su diseño a través del tiempo, la importancia relativa y la función de los diferentes componentes como también por lo social y económico. Lo recomendable es clasificar por aspectos estructurales y funcionales, en este contexto Mendieta & Rocha, (2007) manifiestan que: la clasificación de los sistemas agroforestales toma en cuenta los componentes que los conforman y la distribución que tienen estos en el tiempo y en el espacio, clasificándose en tres tipos:

- Sistemas agrosilviculturales (árbol-cultivo)
- Sistemas agrosilvopastoriles (árbol-cultivo-ganadería)
- Sistemas silvopastoriles (árbol-ganadería)

2.3.2 Origen e historia del café o *Coffea arabica* en Ecuador.

El vocablo café se deriva del árabe “kahwah” (cauá), llegando a Ecuador a través del vocablo turco “kahweh” (cavé), con distintas acepciones, según los idiomas, pero conservando su raíz, (El cultivo del café, s.f.). El centro más probable de origen del café arábigo se encuentra en las montañas sur occidentales de Etiopía, el altiplano del Sudán y el Norte de Kenia, en el África nororiental. Allí es considerado un componente natural del sotobosque, ubicado entre 1 300 a 2 000 metros de altitud, (Charrier y Berthand, citado por Amores et al., 2004).

El café arábigo se introdujo en América en 1714 procedente de Holanda y con destino a la Guayana holandesa. En 1720 se realizó la introducción desde Francia a la isla Martinica y desde allí se distribuyó a México, Colombia, Venezuela y Centroamérica en los siguientes 60 años, (MAG, citado por Amores et al., 2004).

En lo relacionado con el inicio de la actividad cafetalera y su distribución en el Ecuador, existen datos que señalan que se originó a fines del siglo XVIII, con base en los registros de las exportaciones realizadas al Perú. Se tienen antecedentes históricos de que

se empezó a cultivar café, en el año de 1830, en los recintos El Mamey y Las Maravillas del Cantón Jipijapa, provincia de Manabí, (Duicela y Corral, 2009).

En el Ecuador, el café arábigo se cultiva en las vertientes occidentales y orientales del sistema montañoso, destacándose la parte alta de Olón (Santa Elena); Pedro Pablo Gómez, Paján, Jipijapa, 24 de Mayo, Santa Ana, Pichincha, Junín, Chone y Sucre hasta Jama y Pedernales (Manabí). También, se cultiva y produce en las estribaciones occidentales y orientales de la cordillera de los Andes, donde se destacan las zonas de Intag, en Imbabura; Gualea, Pacto, Mindo y Tandapi, en Pichincha; Quevedo y Mocache, en Los Ríos; Moraspungo en Cotopaxi; Caluma, Echeandía, Balsapamba, en Bolívar; Pallatanga en Chimborazo; Piñas, Zaruma, Balsas, Marcabelí y las Lajas, en el Oro; Zumba, Chito, Yantzatza, El Pangui, Nangaritza, Centinela del Cóndor y Palanda, en Zamora Chinchipe; Gualaquiza en Morona Santiago y Archidona en Napo, (Amores et al., 2004). Llanco, (2014) asegura que: *Coffea arábica* es una especie que crece de los 900-2000 m.s.n.m. mientras que *Coffea robusta* se encuentra de 200-300 m.s.n.m.

2.3.2.1 Origen.

Según Lashermes et al. (1999) argumentan que, en diversas investigaciones realizadas han llegado a la conclusión que, *Coffea arabica* es la fusión de dos especies del África Oriental, debido a esta fusión la especie tiene el doble de cromosomas que otros cafés siendo 44 tetraploides. Esto indica que esta fusión no es muy antigua ya que solo se dio hace miles de años atrás, por lo que se explica la baja diversidad genética en su ADN (Lashermes et al. 1997, Cros et al. 1998).

Lashermes et al. (1997), Cros et al. (1998) afirman: Las especies que se acercan a ser sus progenitores son *C. canephora* y *C. eugenioides*. A partir de esta fusión ya mencionada empieza la selección variedades en el siglo XVIII entre las más conocidas como Typica y Borbon (Anthony et al. 2002). El centro de Origen del café Arábico es Etiopía, país donde en áreas montañosas y boscosas crece en forma silvestre, las primeras introducciones de café al continente Americano se dio en el siglo XVIII, Cárdenas (2007) afirma: “Desde Ámsterdam enviaron unas plantas hacia la Guyana Holandesa (hoy Surinam) y de París a la isla de Martinica en las Antillas, de donde en 1719 el cultivo se

extendió rápidamente hacia la Guyana Francesa, hasta llegar a Brasil en 1727 y en el siglo XIX el cultivo se extendió por toda América Tropical”

2.3.2.2 Importancia del cultivo de Café.

Son 52 los países exportadores de café, de los cuales 45 son miembros de la Organización Internacional del Café (ICO), y siete no son miembros de la ICO. El Ecuador es uno de los 12 países exportadores que producen las dos especies comerciales que son café robusto y el café arábigo, (COFENAC, 2011).

Además, es el sexto país exportador de café liofilizado (soluble) en el mundo, (MRECI, 2010). El café es cultivado principalmente en la provincia de Manabí, ocupando 52 538 hectáreas de 109181 hectáreas, que es el área total en producción de café arábigo en el Ecuador; siguiéndole Loja con 22 009 hectáreas; Guayas 8 396 hectáreas; El Oro 7 298 hectáreas; Zamora Chinchipe 4 763 hectáreas; Los Ríos 3 578 hectáreas; Bolívar 2 558 hectáreas; Cotopaxi 2 000 hectáreas; Esmeraldas y Santa Elena 1 350 hectáreas, Pichincha 975 hectáreas; Galápagos 825 hectáreas; Chimborazo 660 hectáreas; Azuay 315 hectáreas; Cañar 278 hectáreas; Imbabura 225 hectáreas; Morona Santiago 218 hectáreas; Carchi 146 hectáreas; Pastaza 113 hectáreas y Napo con 90 hectáreas, (COFENAC, 2011).

El café es producido en los trópicos con distintas técnicas dependiendo del lugar necesidades o conocimiento, que va desde lo tradicional a lo rustico. Siendo así que se planta café bajo sombra y a pleno sol. El café es un producto de gran importancia mundial, de una elevada demanda y alta economía. La supervivencia de 25 millones de personas depende del café ya que son pequeños agricultores (Toledo & Moguel, 2012).

Por otra parte, está la importancia para la zona de Intag según (Rikolto, 2020) nos dice que el café orgánico de altura, cultivado bajo agrosistemas forestales es de gran importancia no solo por las certificaciones internacionales, sino a más de ello por ser amigable con el ambiente, sano, sostenible y que brinda una economía sostenible.

Así también menciona la Asociación Nacional de caficultores revelando que Ecuador está entre los 14 países de 70 que tiene producción mixta de café, es decir arábigos y

robustos. El cultivo de café se produce en todas las provincias del Ecuador incluyendo a las Islas Galápagos, esto debido a la riqueza topográfica (Delgado, et al., 2001).

2.3.3 Clasificación taxonómica del *Coffea arábica*

El cafeto pertenece a la familia rubiácea y entre las 4 000 especies que conforman esta familia, aproximadamente 65 corresponden al género *Coffea*, sumando entre las dos especies el 98 % de la producción mundial total del café en crudo. La clasificación taxonómica del café arábigo es la siguiente, (Duicela y Corral, 2009, Sotomayor y Duicela, 1993):

- Familia: Rubiaceae
- Género: *Coffea*
- Especie: *Coffea arábica*

2.3.4 Características morfológicas del *Coffea arábica*

Raíz

El sistema radical o raíz es un órgano que sirve de sostén al tiempo que a través de ella la planta toma el agua y los nutrientes necesarios para su crecimiento y producción, (Duicela, 2011).

El cafeto tiene una raíz pivotante principal que penetra verticalmente en el suelo hasta una profundidad de 50 centímetros o más; de ésta salen las raíces secundarias y terciarias que se extienden horizontalmente, ayudando al anclaje de la planta, y de las cuales emergen las raicillas. Alrededor del 80 % de las raicillas se localizan en los primeros 30 cm de profundidad del suelo y en un radio de 2.0 m a 2.5 m a partir del tronco, (Sotomayor y Duicela, 1993).

Tallo

El cafeto es un arbusto formado por un tallo central que termina en una yema apical u ortotrópica, (PROCAFÉ, s.f.). El café arábigo tiene un solo tallo (monocaulo), aunque a veces tiene un comportamiento multicaule (múltiples tallos). En un cafeto adulto, la

parte inferior del tronco es de forma cilíndrica y la superior o apical tiende a ser cuadrangular, con las esquinas redondeadas y salientes. El tronco y las raíces primarias constituyen el armazón o esqueleto del cafeto, (Sotomayor y Duicela, 1993).

Ramas

Las ramas primarias son de gran importancia ya que cuando se pierden por cualquier causa o por enfermedad no llegan a renovarse. De esta forma, el cafeto pierde una parte de su zona de producción de frutos. En cambio, las ramas secundarias y el tronco se pueden renovar a partir de las yemas vegetativas que se encuentran en estado latente en los nudos de las ramas localizadas cerca del punto de inserción de las hojas con las ramas principales, (Sotomayor y Duicela, 1993).

Hoja

La hoja es un órgano fundamental en la planta, porque en ella se realizan los procesos de fotosíntesis y respiración. Las hojas se forman en los nudos de las ramas y en la parte terminal del tallo o yema apical, (PROCAFÉ, s.f.). Las hojas tienen una longevidad aproximada de un año, (Sotomayor y Duicela, 1993). Su permanencia en la planta se reduce a causa de la sequía, altas temperaturas y mala nutrición. Se puede aumentar el crecimiento de ramas y hojas con la aplicación de fertilizantes, podas de formación, las deshierbas y un aumento de luminosidad dentro del cafetal.

Flor

La flor es hermafrodita, presentando cáliz, corola, estambres y pistilo, (Duicela, 2011). Estos órganos se desarrollan en las axilas de las hojas sobre tallitos llamados glomérulos. Generalmente se encuentran de 3 a 5 glomérulos en la base de cada hoja.

Los granos de polen en la especie arábica son de fácil transporte debido a que son pesados y pegajosos. En esta especie, ocurre el 94 % de autopolinización y sólo en un 6 % puede ocurrir polinización cruzada. El proceso de formación de las flores del cafeto puede durar de 4 a 5 meses, donde se presentan las siguientes etapas: iniciación floral y diferenciación, un corto período de latencia, renovación rápida del crecimiento del botón floral y apertura de las yemas, (Duicela, 2011).

Fruto

El fruto del cafeto es una drupa, de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada y normalmente con dos semillas plano convexas separadas por un tabique (surco) interno del ovario. Pueden presentarse tres semillas o más en casos de ovarios tricelulares o pluricelulares o por falsa poliembrionía (cuando ovarios bicelulares presentan más de un óvulo en cada célula). A causa del aborto de un óvulo se puede originar un fruto de una sola semilla (caracolillo). El fruto es de color verde al principio, luego se torna amarillo y finalmente rojo, el tiempo que transcurre desde la floración hasta la maduración del grano es de 6 meses a 8 meses, (Monroig, s.f.b).

2.3.5 Descripción de la especie forestal *Alnus nepalensis* D. Don.

2.3.5.1 Taxonomía y nomenclatura.

Orwa, Mutua, Kindt, Jamnadass, y Anthony, (2009) describen que este árbol pertenece a la:

Familia: Betulaceae

Género: *Alnus*

Nombre científico: *Alnus nepalensis* D. Don

Sinónimos: *Alnus mairei* A. Léveillé, *Clethropsis nepalensis* Spach

Nombres vernáculos / comunes: Utis (Nepal); maibau (Burma); piak (India); meng-zi-qi-mu, han-dong-gua (China); tong quan su, tong qua mu, tong po mu (Viet.); Indian alder, Nepalese alder (Eng.), Aliso rojo (Intag).

2.3.5.2 Distribución.

El *A. nepalensis*, es una especie de hojas anchas y ampliamente distribuida en el sur de Asia en altitudes entre 600 m y 3000 m, y en Nepal entre 900 y 2700 m., Lamichhaney citado por Joker, (2000). En Ecuador se encuentre en la provincia de Imbabura en el Valle de Íntag entre los 1000 – 3000 msnm, (Cevallos, 2017).

2.3.5.3 Descripción botánica.

Joker, (2000) describe un árbol caducifolio o semicaducifolio, típicamente de unos 30 m de altura y con un diámetro de fuste de 60 cm, pero en sitios con condiciones buenas

puede alcanzar hasta los 35 m y un diámetro de 2 m, tiene autopoda que constituye un crecimiento limpio y recto de fuste. Duke, (1993) menciona una corteza verde oscuro o de color gris con presencias de lenticelas y en algunos casos machas amarillentas.

Las hojas son simples, alternas, de 6 - 20 cm de largo y de 5 – 10 cm de ancho, ligeramente Serruladas con prominentes venas paralelas. Presenta un haz brillante de color verde oscuro y el envés es pálida (Duke, 1993).

Las flores son unisexuales, femeninas y masculinas en inflorescencias separadas llamadas catkins. Amentos masculinos de 10-25 cm de largo, caídos, en panículas terminales. Amentos femeninos de 1 - 2 cm de largo, 3 - 8 juntos en racimos axilares (Joker, 2000).

Los amentos fructíferos son elípticos de color marrón oscuro, compuesto de varias escamas de contextura leñosa, se posicionan verticalmente sobre tallos cortos, sus conos entre 1.5 y 2 cm pueden permanecer en las ramas de los árboles por un largo periodo de tiempo Joker, (2000). Las semillas son de color marrón claro, circular y plana, con dos grandes alas membranosas, más de 2 mm de ancho, las semillas maduran de noviembre a marzo dependiendo de la localización geográfica (Duke, 1993).

Esta especie fue introducida en el año 1995 a la zona de Intag, convirtiéndose en una especie de sostenibilidad en fincas de la zona. Plantado a pleno sol, pero también es resistente a la sombra (Añazco, 2019).

2.3.5.4 Ecología.

Autores como Orwa et al., (2009) consideran al *A. nepalensis* como una especie pionera con un desempeño excepcional a plena luz, pero también puede crecer en zonas de sombra. En las zonas bajas es común observar cerca de sitios húmedos como: orillas del río, lechos de arroyos, barrancos. Castillo citado por Varela, (2017) menciona que también se observa de forma natural en climas monzónicos húmedos, frescos y subtropicales, con un promedio anual de precipitaciones de 500 – 2 500 mm, con 4 – 8 meses y una estación seca. Orwa et al., (2009) afirma que esta especie prefiere suelos húmedos y bien drenados, que incluyendo grava arenosa franca y arenosa, arena y arcilla.

No requiere una alta fertilidad del suelo, pero prefiere suelos permeables. Crece bien en suelos con un alto contenido de agua, pero no en suelos acuosos.

2.3.5.5 Propagación.

El *A. nepalensis* es rico en procedencia y se propaga por semilla, estas maduran en la primera y la mitad de cada año en diciembre, los frutos se agriantan poco después de la maduración y las semillas vuelan con el viento (Fen, 2005 y Napier citado por Castillo, 2012).

2.3.6 La función de los árboles en los sistemas asociados con café.

Muschler (2000) indica que la función de los árboles es brindar sombra, protege el suelo del sol y del impacto de lluvias, fijan nitrógeno del aire, incorporan el componente de carbono, las raíces mejoran la infiltración del agua y la actividad biológica, así también, no permiten escorrentías o pérdida de nutrientes, la hojarasca protege el suelo, reduce malezas y así forman la capa vegetal y reciclan nutrientes (Andrade, Marín, & Pachón, 2004).

2.3.6.1 Sombra.

Los árboles que otorgan la sombra a los cafetales tienen como función refrescar el aire disminuyendo temperaturas y aumentando la humedad; estos mejoran el estado del suelo con el reciclaje de nutrientes a más de que sostienen los suelos para no ser lixiviados por las precipitaciones haciendo que de este conjunto de actividades la producción de café sea mejor ya que aumenta en tamaño y son más sanos, a más de que aliso tiene una característica que es fijador de nitrógeno y esto favorece a la producción del café (Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental [FUNDESYRAM], 2008). Ortiz, (2006) concuerda con lo antes mencionado que el manejo de la sombra es un factor importante que determinará la productividad del café debido a los servicios ambientales que otorga la sombra, ya que determinan la actividad fotosintética de los cafetales y también el sistema sea más fuerte a ataques de insectos y otras enfermedades.

2.3.6.2 Atributo de especies arbóreas para sombra.

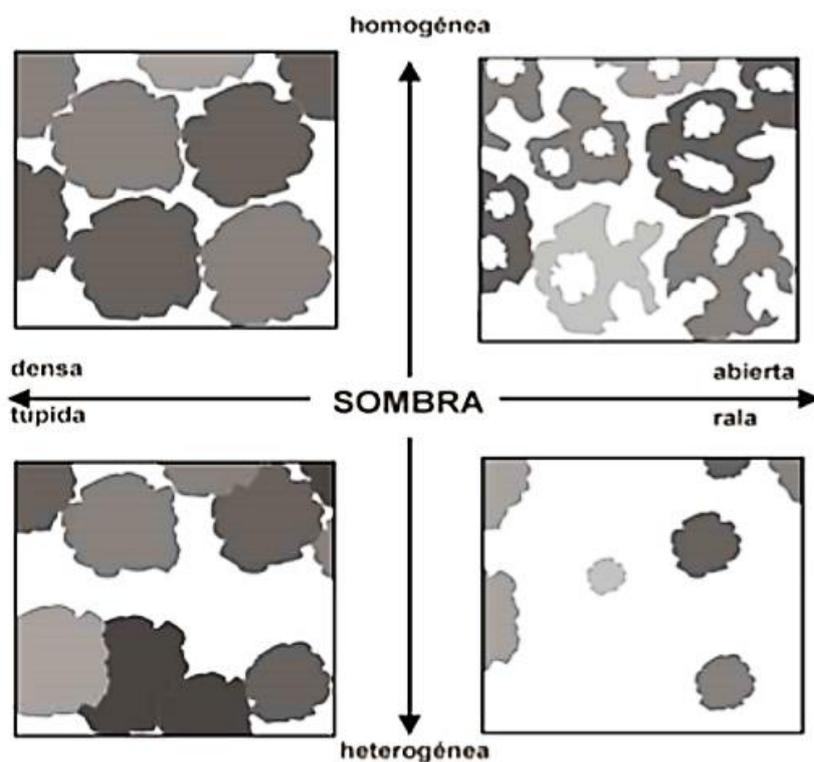
Según Ortiz, (2006) se debe tomar en cuenta distintas cualidades de la especie arbórea que brindara la sombra al cultivo, entre estas características se tiene a la economía, ecología, la copa, adaptabilidad, compatibilidad y entre otras que determinen un buen desarrollo tanto para el árbol como para el cultivo y estos serán identificados por el dueño a plantar; los atributos deseables son:

- Botánica de especies
- Compatibilidad con los cultivos
- Silvicultura de las especies
- Productos secundarios
- Características de los árboles maderables

2.3.6.3 Arquitectura y estructura de dosel de sombra.

Somarriva, (2002) citado por Ortiz, (2006) manifiesta que la arquitectura y estructura de dosel de sombra comprende los doseles o copas que determinan el paso de la radiación solar que reciben los cafetales que se encuentran cubiertos por la copa de los árboles. Los doseles de sombra pueden ser mono-específicos si están compuestos en una sola especie multiestratificados, si están formados por varias especies con arreglos espaciales y densidades variadas. Su distribución horizontal y vertical y las dimensiones nos determinan el grado de sombra que proyecta el dosel y con esto se puede determinar, de acuerdo a la distribución de los árboles y densidad de copas, patrones de sombra tales como: homogéneos, heterogéneos, tupidos y ralos como se observa en la figura 1.

Figura 1. *Patrones o tipos de sombra.*



Fuente: (Muschler, 2000).

2.3.7 Asociación árbol y cultivo de café.

2.3.7.1 El rol de la sombra en el cafeto.

Ortiz, (2006) indica que los árboles contribuyen a crear condiciones para la reproducción de insectos polinizadores, por lo que brinda beneficios ecológicos para la conservación de la biodiversidad, mejorando los suelos, ayudan a mantener la permeabilidad y aireación del suelo, la cantidad y calidad de agua y el secuestro de carbono, así también permite la producción de productos diferentes al café como puede ser madera, leña, artesanías entre otros.

2.3.7.2 Diferencia de la producción de café a libre exposición y bajo sombra.

A continuación, se detalla las diferencias de entre los dos sistemas productivos de café:

- a. **Café a libre exposición** o por otra parte llamado monocultivo de cafeto, este es responsable de la degradación del suelo ya que impacta directamente en la biodiversidad debido a que va reduciendo las especies como animales, vegetales y el

consumo de agua es mayor. (Rojas Sanchez, Hartman Ulloa, & Almonacid Marquez, 2012). Es preciso mencionar que producir café sin sobras según Gutiérrez, (2015) afecta el crecimiento del cafetal, bajando la producción y calidad del café debido a que la calidad está dada por los nutrientes que se encuentra en el suelo.

- b. Café bajo sombra** sistema que ejerce influencia sobre los recursos ya que aumenta el contenido de materia orgánica, reciclando nutrientes y economiza agua disminuyendo la escorrentía, como también ejerciendo control sobre la erosión entre otros beneficios que hacen una producción ecológica a más de orgánica (Farfan, 2010). En cuanto a la producción Gutiérrez (2015) indica que la sombra intercede indirectamente en la producción y calidad, ya que este mejora las condiciones para un buen desarrollo de la planta.

2.3.8 Investigaciones similares

2.3.8.1 Efecto de cuatro niveles de sombra en el desarrollo vegetativo del cafeto (*Coffea arabica* L.) en sistemas agroforestales de la Hacienda Cristal del cantón Loja.

Chamba Quiñonez, (2018) realizó su estudio en la Hacienda Cristal del cantón Loja, en un ecosistema que posee un clima tropical húmedo, cuenta con temperaturas promedio anual de 18 °C, con precipitaciones anuales de 1200 mm, siendo el objetivo general; evaluar el efecto que produce la sombra y el microclima de los sistemas agroforestales en los procesos fisiológicos y en el desarrollo vegetativo del cafeto (*Coffea arabica* L.).

Los niveles de sombra evaluados por el autor fueron: 0 %, 25 %, 50 % y 75 %; el tratamiento de 25% de sombra para el café incidió valores superiores en el comportamiento de temperatura, humedad y altura de la planta, presento un crecimiento continuo en una sombra de 50% y 75%, en el diámetro de tallo a una sombra de 75% presentó un comportamiento uniforme. En general la sombra está estrechamente relacionada con el crecimiento vegetativo del cafeto (Chamba Quiñonez, 2018). Alternativas agroecológicas para el manejo del café (*Coffea arabica*)

Alulima (2012) realizó una investigación de la variedad de tipos de café existentes en el Ecuador planteó como objetivo general analizar prácticas de manejo agroecológico del cultivo de café con la finalidad de contribuir al mejoramiento de la producción y productividad. En esta investigación el autor menciona que la sombra se utiliza para proteger el café de los rayos directos del sol; no obstante, la sombra no debe ser tan intensa, que no permita la aireación.

El autor determinó que un buen manejo de la sombra permitirá la adecuada luminosidad para el café arábico, facilitando la circulación del aire, al igual que enfermedades. Los niveles de sombra investigados y con resultados positivos fueron de 60 y 70 %. (Alulima, 2012).

2.3.8.2 Impactos de la sombra de espino *Vachellia macracantha* Seigler & Ebinger en asocio con café *Coffea arabica* L var. Caturra rojo.

Espinoza (2018) realizó una investigación en la provincia de Imbabura, parroquia Santa Catalina de Salinas- Ecuador, este en un ecosistema que presenta características como un clima cálido con temperaturas de 22,5 °C, la precipitación de 481 mm; se planteó como objetivo general, determinar los impactos de la sombra de *Vachellia macracantha* Seigler & Ebinger en asocio con *Coffea arabica* L var. Caturra roja. Donde además se estudiaron impactos de sombra sobre el café para identificar si causa beneficios o pérdidas para el cultivo.

La autora citada menciona que al relacionar la productividad del sistema de producción de café con sombra en comparación con el café a libre exposición, registró valores superiores en un 113% de productividad del café bajo sombra (Espinoza A., 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio

3.1.1 Política

El estudio se realizó en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, Zona de Intag en la parroquia 6 de Julio de Cuellaje, sector San Alberto (ver anexo 1).

3.1.2 Geográfica

La Parroquia 6 de Julio de Cuellaje, se encuentra a $78^{\circ} 30'60''$ de longitud W $0^{\circ} 24' 00''$ de latitud N, ubicada desde los 1750 - 2600 m.s.n.m.

3.1.3 Límites

Los límites del área de estudio se detallan a continuación:

El área de estudio colinda de la siguiente manera, Al norte colinda con las propiedades de Eugenio Torres, Dominga Fuetes, Arcesio Rodríguez y José Torres, al sur con Elisabeth Varela y Edgar Varela, al este con Patricio Segura Y al oeste con Río Cristo Pamba. El lugar se encuentra en el sector San Alberto a 10 minutos en vehículo del centro de la parroquia de Cuellaje.

Los límites de la parroquia de Cuellaje se detallan a continuación:

Al Norte: Con la línea limítrofe sur de los páramos de Piñán que pertenece a la parroquia Imantag, Parroquia Alto Tambo de Ibarra y, Provincia de Esmeraldas (Reserva Cotacachi - Cayapas),

Al Sur: Con la línea de cumbre de la Cordillera Toisán baja a la cuchilla denominada de "Pinto", continuando al punto denominado "V", de allí en línea recta hasta el nacimiento de la quebradilla "La Primavera", luego cae a la quebrada de la Despedida y

ésta hasta la desembocadura del río Cristopamba Parroquia Peñaherrera, en la confluencia de la Quebrada La Paz y Quebrada Primavera

Al Este: La quebrada conocida con el nombre de La Paz que con aguas se forma al pie de la cuchilla denominada Puscharo que se desprende de los páramos de Piñán y baja formando mayor volumen al ya mencionado río Cristopamba, Parroquia de Apuela e Imantag

Al Oeste: Con la parte más culminante de la mencionada cordillera de Toisán donde forma el divorciun - acuarum. Parroquia Luis Vargas Torres de la Provincia de Esmeraldas (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD parroquial de 6 de julio de Cuellaje, 2015).

3.2 Datos climáticos

La parroquia Seis de Julio de Cuellaje presenta un clima temperado a muy lluvioso subtemperado, con una temperatura promedio anual de 18° C La precipitación.

La parroquia presenta una precipitación media anual de 1797,2 mm / año

3.3 Materiales, equipos y software

Los materiales y equipos que se utilizarán para la investigación son:

3.3.1 Materiales.

- Cinta métrica
- Hojas de campo
- Pintura
- Útiles de escritorio
- Estacas
- Piola

3.3.2 Equipos.

- Computador
- Navegador GPS Garmin Map 64
- Cámara fotográfica
- InfoStat ve 201x
- Microsoft office 2017
- Arc Gis 10.5 Adobe Ilustrador

3.4 Metodología.

3.4.1 Delimitación del área de estudio.

3.4.1.1 Obtención de la muestra.

Se realizó un recorrido preliminar del predio, donde se registraron 35 árboles en una superficie de 8.330 m², se aplicó la ecuación del tamaño de muestra y tamaño de muestra ajustado, para obtener así el número árboles a ser evaluados. Los parámetros considerados fueron en función la altura total de los individuos, donde se calculó:

$$n = \frac{t_{\alpha}^2 S^2}{E^2} \quad n_a = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} \quad \text{Ec. 1}$$

Fuente: Aguirre y Vizcaíno (2010).

Donde:

n = Tamaño de muestra

n_a = Tamaño de muestra ajustada

N = Población

S² = Varianza

E = Error

t_α = Valor tabular de la *t* de Student

Se determinó 28 árboles como tamaño de muestra, para realizar la evaluación se establecieron cuatro parcelas de 800 m² cada una, distribuidas aleatoriamente en un cuadrante de forma aleatoria (Aguirre y Vizcaíno, 2010).

3.4.2 Análisis del tipo de sombra, auto sombra y la distribución espacial del sistema agrosilvícola de café en asociación con Aliso.

Para el desarrollo de este objetivo se inició con la localización de los árboles dentro de cada parcela establecida, esto se realizó mediante una codificación con pintura de color rojo que muestra el número del individuo y el número de la parcela al cual pertenece, luego cada individuo fue graficado en un croquis realizado en Adobe Ilustrador.

3.4.2.1 Análisis de la sombra

Para identificar el tipo de sombra que existe en las parcelas, se determinó la distribución espacial del sistema luego se procedió a tomar los datos dasométricos de cada individuo dentro de las parcelas como:

- a. Diámetro a la altura del pecho (DAP):** se lo realizó midiendo la circunferencia del fuste con el uso de una cinta métrica tomando desde la base del árbol hasta 1,30 m altura. El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación.

$$Dap = \frac{CAP}{\pi}$$

Ec. 2

Fuente: Prodan, Peters, Cox, & Real, (1997).

Donde:

CAP = Circunferencia del fuste a la altura de 1.30m

π = 3,14159 26535...

- b. Altura total:** se utilizó una cinta métrica donde se procedió a subir a los árboles con esta, para tener la altura total del árbol.

- c. **Diámetro de copa:** se midió de extremo a extremo de manera perpendicular la proyección de las ramas que sobresalieron (en forma de cruz) y consecuentemente se realizó el promedio los dos diámetros de copa consiguiendo el diámetro de copa. Este se determinó por la siguiente ecuación:

$$D. \text{ copa} = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad \text{Ec. 3}$$

Fuente: Prodan, Peters, Cox, & Real, (1997).

Donde:

D. copa = Diámetro de copa

D₁ = Diámetro Norte-Sur

D₂ = Diámetro Este-Oeste

- d. **Área de copa:** Con los datos adquiridos del diámetro de copa de cada árbol se calcula el área de copa por árbol establecido en el sistema.

$$AC = \frac{\pi(Dc^2)}{4} \quad \text{Ec. 4}$$

Fuente: Prodan, Peters, Cox, & Real, (1997).

Donde:

Ac = Área de copa

Dc = Diámetro de copa

π = 3.1416

- e. **Cobertura de copa en la parcela:** Con el área de copa calculada de cada individuo se suman para la obtención de la cobertura de copa total en la parcela:

$$ATc = \sum(AC1 + AC2 + AC3 + \dots ACn \dots) \quad \text{Ec. 5}$$

Fuente: Somarriba, (2001).

Donde:

ATc = Área total de copas por parcela

Σ = Sumatoria

AC = Área de copa

- f. Porcentaje de área de copa (Porcentaje de sombra):** Para su determinación se necesitó el área de las parcelas dividida para el área total de copas.

$$Pc = \frac{AP}{ATc}$$

Ec.6

Fuente: Somarriba, (2001).

Donde:

Pc = Porcentaje de área de copa

AP = Área del predio o parcelas

ATc = Área total de copa

3.4.2.2 Determinación de auto sombra

Para determinar la auto sombra que desarrolla la especie *Coffea arábica* dentro de la parcela se tomó las siguientes variables dasométricas como:

- a. Altura total de la planta:** se midió desde el nivel del suelo hasta la yema terminal de la planta, con una cinta graduada de precisión al centímetro.
- b. Ancho de copa:** se midió el diámetro de copa de la planta utilizando una cinta graduada de precisión al centímetro tomando copa superior y copa inferior, se registran los valores y posteriormente se procesaron.
- c. Diámetro de tallo:** se midió a nivel del suelo, con una cinta graduada de precisión en centímetros. El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación.

$$D. tallo = \frac{C. t.}{\pi}$$

Ec. 8

Donde:

C.t. = Circunferencia del tallo

Π = 3,14159 26535...

- d. Área de copa:** Con los datos adquiridos del diámetro de copa de cada cafeto se calcula el área de copa por árbol establecido en el sistema.

$$AC = \frac{\pi(Dc^2)}{4}$$

Ec. 9

Fuente: Somarriba, (2001).

Donde:

AC = área de copa

Dc = diámetro de copa

π = 3.1416

- e. Cobertura de copa total del cafeto:** Con el área de copa calculada de cada planta se suman para la obtención de la cobertura de copa total en la parcela:

$$ATc = \sum(AC1 + AC2 + AC3 + \dots ACn \dots)$$

Ec.10

Fuente: Somarriba, (2001).

Donde:

ATc = área total de copas por parcela

\sum =sumatoria

AC = área de copa

Una vez obtenido los datos dasométricos en el programa Excel se procedió a determinar el % de área de sombra y el % de área existente como se explica a continuación:

- f. Porcentaje de área de copa (% de área de sombra):** Para la determinación de este porcentaje se necesitó área de las parcelas dividida para el área total de copas.

$$Pc = \frac{AP}{ATc}$$

Ec. 11

Fuente: Somarriba, (2001).

Donde:

Pc = porcentaje de área de copa

AP = área de la parcela

ATc = área total de copa

3.4.2.3 Porcentaje de sombra existente en el sistema:

Se calculó para cada parcela con el siguiente modelo matemático.

$$\% \text{ Sombrio} = \left(\frac{U.m.i.}{U.m.e.} \right) \times 100$$

Ec. 12

Fuente: Somarriba, (2001).

Donde:

U.m.i.= Unidad de medición interna (% de área de copa o sombra del cafeto).

U.m.e.= Unidad de medición externa (% de sombra del aliso).

3.4.2.4 Análisis estadístico:

Para efectos de evaluación se realizó una estadística descriptiva considerando los diámetros: media, desviación estándar de la media, error estándar de la media, coeficiente de variación y análisis de correlación y regresión.

Análisis de correlación: Entre las variables cuantitativas, de la misma especie y entre especies, empleando la ecuación planteada por Aguirre y Vizcaíno (2010).

$$r = \frac{C_{xy}}{\sqrt{S_x^2 \times S_y^2}}$$

Ec. 13

Fuente: Aguirre y Vizcaíno (2010).

Donde:

r = t de Student calculada

S_x^2 y S_y^2 = Varianzas

C_{xy} = Error estándar del medio combinado

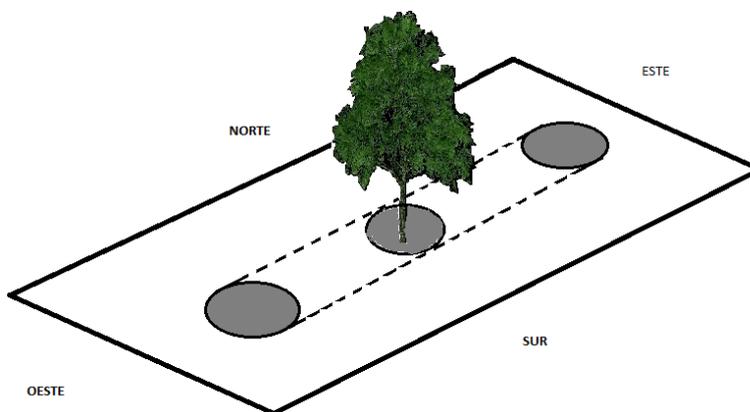
3.4.3 Relación de la altura de copa del árbol y la velocidad de tránsito de la copa sobre el suelo.

Para determinar esta relación, se analizó el comportamiento del desarrollo de la sombra del árbol sobre la parcela. Es por eso que, se realizó el seguimiento a la sombra dos días por mes aleatoriamente durante el periodo agosto 2019 - octubre del 2019, estos fueron elegidos debido a que este periodo tiende a tener una mayor radiación solar y figuran con los picos más altos en el año (Delgado Orellana & Orellana Samaniego, 2015).

Para iniciar la toma de datos se realizó una hoja de campo descrita en el anexo 2; mediante el uso de un GPS, para la orientación y establecimiento de las parcelas. A continuación, se procedió a la toma de datos donde se identificó la proyección del árbol (sombra) con respecto a los cuatro puntos cardinales sobre el suelo. Posteriormente se midió cada una de ellas con una cinta graduada en metros. Como se explica en la Figura 2.

Figura 2.

Mapeo de Sombra



Fuente: elaboración propia.

Se tomó en cuenta aspectos influyentes en el sistema como la vegetación cercana existente, además se consideró la característica de la altura de los individuos ya que, a individuos con gran altura, menor sombra y viceversa. Cabe destacar que el proceso para medir la sombra se realizó en un periodo de 10 horas continuas entre las 8: 00 a.m., a 6: 00 p.m. Estas se realizaron de la siguiente manera:

Se tomó cuatro mediciones a todos los individuos dentro de las parcelas, se inició con los primeros individuos de cada parcela en lapsos de 7 minutos, hasta terminar con todos los árboles

Con respecto a la altura de copa del árbol se tomó datos de altura del primer objetivo; esto se utilizó para graficar la proyección del sol y sombra en el sistema en donde se identificó en el número de horas de sombra que recibirá el café.

3.4.3.1 Estadísticas

Se realizó comparaciones entre, variable independiente la altura de copa de los árboles y variables dependientes velocidad de transito de la sombra, con estimadores estadísticos como media, desviación estándar, coeficiente de variación, error estándar de la media.

3.4.3.1.1 Prueba de hipótesis

Se tomaron en cuenta la distribución espacial de la sombra, alturas de copa, la sombra, homogeneidad y la velocidad de transito de la sombra, mismas que serán comparadas por valores referenciales determinados para Ecuador, a fin de aceptar o rechazar la hipótesis de estudio, para comparar el comportamiento entre parcelas ya que el número de individuos o aliso varían entre ellas y la muestra es menor a 30 árboles.

$$t_o = \frac{\bar{x} - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

Ec. 15

Fuente: Aguirre y Vizcaino (2010).

Donde:

To = Valor de t.

- \bar{x} = Media de las parcelas.
- μ = Valor referencial de estudios para el Ecuador.
- S = Desviación Estándar de las parcelas.
- N = Número de parcelas.

3.4.3.1.2 *Análisis de correlación:*

Se realizó 10 análisis de correlación con las siguientes combinaciones de variables:

- Parámetro de velocidad de retroceso vs diámetro de copa.
- Parámetro de velocidad de avance vs diámetro de copa.
- Parámetro velocidad promedio vs diámetro de copa.
- Parámetro de velocidad de avance vs altura de copa.
- Parámetro velocidad de retroceso vs altura de copa.
- Parámetro velocidad promedio vs altura de copa.
- Parámetro velocidad de retroceso vs altura de copa.
- Parámetro velocidad de avance max vs altura de copa.
- Parámetro de velocidad de retroceso min vs diámetro de copa.
- Parámetro de velocidad de avance max vs diámetro de copa.

3.4.4 Definición de técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra

Para este objetivo se tomó las referencias de las técnicas silviculturales descritas por La Torre, (2012) y Escarraman, (2018) sobre el manejo de los cafetales bajo sombra, las cuales fueron expuestas en un folleto y materiales visuales.

- **Elaboración de Folleto ilustrativo**

El folleto se realizó en el programa de Microsoft Publisher, el contenido de este se describe a continuación:

Primera carilla se expone el tema a informar (Manejo Agroforestal del café), se define también que es un sistema y manejo agroforestal y cuáles son sus beneficios en el campo.

Segunda carilla, se describe una breve introducción del origen, taxonomía e importancia en la Zona de Intag de la especie *Coffea arabica*.

Tercera y Cuarta carilla, se explica las técnicas de Manejo del Café bajo Sombra con imágenes representativas de cada técnica.

Quinta carilla, se habla del porcentaje óptimo que debe recibir un sistema agroforestal de café, los beneficios al producir *Coffea arábica* bajo sombra y cuáles son los tipos de sombra en un sistema agroforestal de café.

Sexta carilla, se presenta de manera rápida los beneficios obtenidos en esta investigación realizada.

- **Presentación**

Se realizó en el programa PowerPoint 2016 impartiendo la información del proceso y resultados de esta investigación, así como el Manejo silvicultural de café bajo sombra (La Torre, 2012).

La socialización fue realizada mediante correos electrónicos enviando el material preparado donde se encuentran involucrados tales como GAD Parroquial y habitantes.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis del tipo de sombra, auto sombra y la distribución espacial del sistema agrosilvícola.

4.1.1 Variables dasométricas de *A. nepalensis*.

En la estadística descriptiva se evidencia que, según las desviaciones estándar de la media, los datos están muy agrupados en las variables DAP y altura total estos son homogéneos en función del coeficiente de variación; al contrario del área de copa que presenta una alta heterogeneidad y dispersión. En lo que respecta a las parcelas se encontró mayor homogeneidad en las variables altura, área de copa en la parcela dos y DAP en la parcela tres mientras que la más heterogénea para altura y diámetro de copa en la parcela cuatro. En cuanto a los promedios se aprecia que la parcela P2 se destaca en todas las variables analizadas, como se aprecia en la tabla 1.

Tabla 1.

Promedios de las variables dasométricas por parcela de *A. nepalensis*.

# Parcela	# individuos	Altura total (m)	área de copa(m ²)	DAP (m)
P1	7	21,71	67,35	0,54
P2	6	22,83	95,63	0,56
P3	6	22,50	99,63	0,54
P4	9	22,67	89,65	0,53

Fuente: elaboración propia.

Ocampo (2018) registró en su investigación parámetros dasométricos de *A. nepalensis* promedios de 23,53m en altura, 40 cm de DAP y de diámetro de copa 11,61; donde se evidencia que existen semejanzas en cuanto altura y DAP, pero una variación con respecto al diámetro de copa ya que este es inferior a lo registrado en la presente investigación; dicha diferencia se puede deber a que el espaciamiento entre arboles es distinto, ya que en el sitio de estudio del autor citado, estos se encuentran plantados en fajas y los de la investigación están dispersos.

Por otra parte, Farinango (2018) menciona que, en Ecuador en la Zona de Intag, al evaluar árboles en linderos de siete a 12 años *A. nepalensis* con promedios en los

parámetros dasométricos de 42 a 60 cm de DAP y de diámetro de copa entre 4 a 5 m, la altura de los árboles es semejante con valores mayores a 20m, este comportamiento se debe a que las condiciones edafoclimáticas son semejantes debido a que no se encuentran muy distantes en cuanto al diámetro de copa, es menor debido a que los árboles de *A. nepalensis* presentan una distribución dispersa sin ningún orden.

En la estadística descriptiva de las variables dasométricas se evidencia que en el área de estudio existen 28 individuos de *A. nepalensis* con una media de 22,43m de altura y 87,5 m² de área de copa con un DAP alrededor de 0,54 m, en lo referente al error estándar se registraron valores entre 0,02m² y 8,48m² ver (anexo 3).

Tabla 2.

Estadística descriptiva general de las variables dasométricas:

Resumen	Altura(m)	Área de copa(m ²)	DAP (m)
N	28	28	28
Media	22,43	87,5	0,54
D.E.	1,17	44,85	0,08
E.E.	0,22	8,48	0,02
CV	5,21	51,26	15,65
Mín	20	29,69	0,38
Máx	24	267,66	0,73
Suma	628	2449,9	15,14

Fuente: elaboración propia.

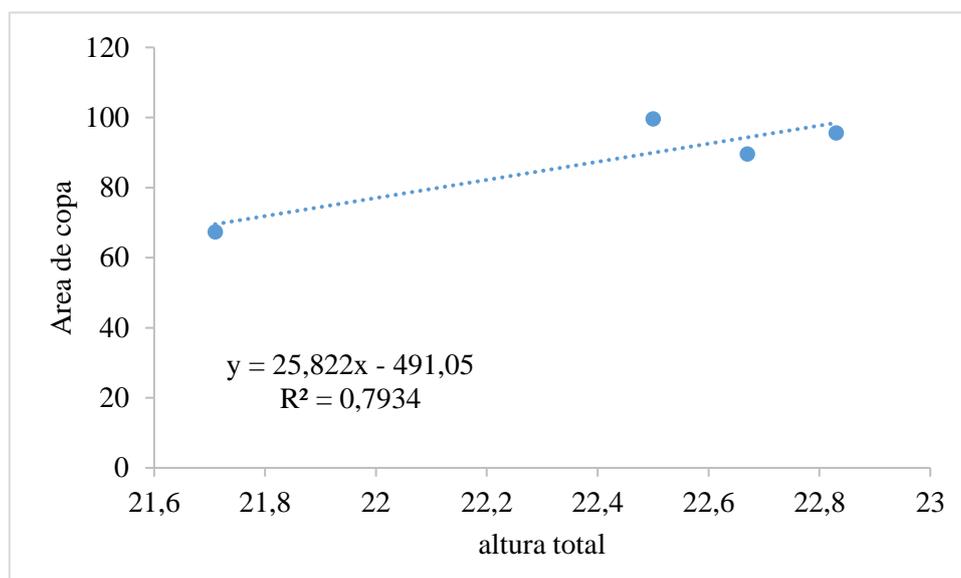
Con base a lo antes expuesto se puede decir que el distanciamiento de los árboles y distribución de los arboles influye en el comportamiento de las variables dasométricas sobre todo en el área de copa ya que los individuos que no poseen competencia lateral intraespecífica pueden tener un mayor desarrollo en esta variable.

4.1.1.1 Regresión de área de copa y altura total.

En el análisis de regresión lineal se calculó un coeficiente de determinación cercano a 0,8 por lo que se puede asegurar que existe una tendencia de comportamiento lineal entre las variables analizadas, además se evidencia la relación directamente proporcional.

Figura 3.

Análisis de regresión lineal entre Área de copa y Altura total de A. nepalensis.



Fuente: elaboración propia.

4.1.2 Variables dasométricas de *Coffea arabica*.

En las variables dasométricas de café se observa que los datos están agrupados en altura, diámetros de copa y edad; por lo que se considera que el mejor tipo de café es Colombia Intag (esta es denominada así ya que es una variedad de Colombiana y que actualmente se propaga y se emplea en la Zona de Intag) que obtuvo una altura promedios de 3,41 m. a los seis años de edad; mientras que, el diámetros de copa fue similares para todos los tipos; el tipo de café que presenta una menor altura fue Caba con 2,26 m. a los seis años de edad. Así se puede verificar en la tabla 3. (ver anexo3).

Tabla 3.

Variables dasométricas por tipo de café

Tipo de café	Altura (m)	D1(m)	D2(m)	Edad(años)
Borbón amarillo	2,44	1,06	1,81	6
Caba	2,26	1,14	1,68	6
Catucay amarillo	2,62	1,32	1,90	5
Caturra	2,40	1,23	1,78	8
Colombia Intag	3,41	1,67	2,22	6
Costa Rica	2,62	1,22	1,89	6
Etiopia	2,28	1,14	1,75	6
Típica mejorada	2,27	1,17	1,71	5

Fuente: elaboración propia.

Alulima, (2012) analizó la producción de café en el Ecuador, identificando los tipos de cafeto como Nacional, Caturra, Catucay amarillo, Borbón y Típica mejorada, donde se destacó Borbón garantizando una producción sostenible, seguida por Típica mejorada.

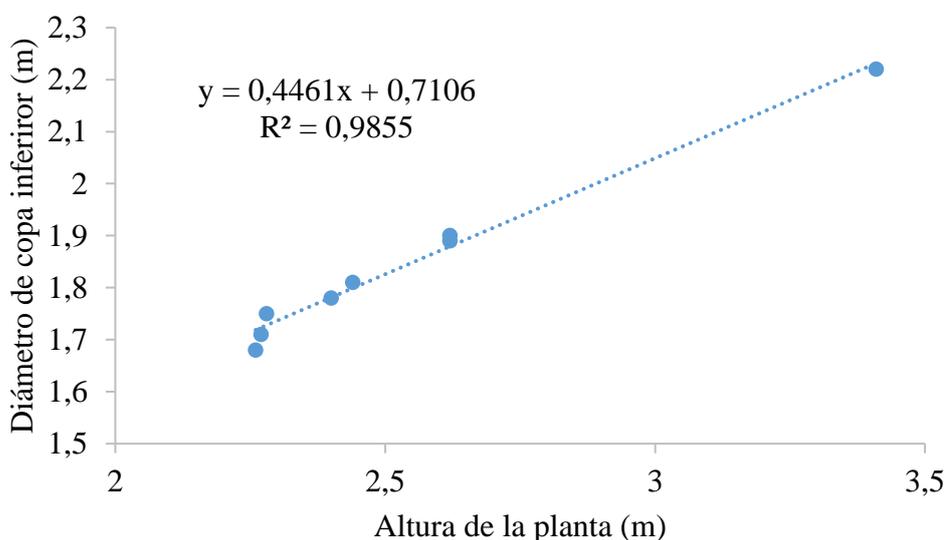
En el presente estudio la variedad analizada tiene semejanza con Tipica mejorada debido a que las condiciones edafoclimáticas pueden ser parecidas demostrando una producción similar, pero aun así la variedad Colombia Intag, puede diferenciarse debido a que en la zona de Intag este logro una mayor altura en comparación a las demás variedades diferenciándose así de las variaciones comparables.

4.1.2.1 Regresión del Análisis por Diámetro de copa inferior vs Altura de la planta de Coffea arabica.

Al realizar el análisis de regresión lineal se evidencia que entre las variables evaluadas existe una tendencia casi perfecta de ajuste a la recta ya que obtuvo un coeficiente de determinación de $R^2 = 0,9855$ cercano a uno.

Figura 4:

Análisis de regresión de Diámetro de copa inferior vs Altura de la planta



Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta por las variables dasométricas por origen del cafeto los datos se encuentran agrupados en altura diámetros de copa superior e inferior y edad por lo que se evidencia que las plantas originarias de Colombia y Ecuador presentan la mayor altura con 3,41m². y 2,44 m². respectivamente a la edad de 6 años; el cafeto que presenta una menor altura es originario de Indonesia con 2,26 m². de altura a la edad de seis años ver (tabla 4 y anexo 4).

Tabla 4.

Variable dosimétrica por Origen del cafeto

Origen	Altura (m)	D1(m)	D2(m)	Edad(años)
África	2,28	1,14	1,75	6,02
Brasil	2,40	1,23	1,78	7,93
Colombia	3,41	1,67	2,22	6,00
Costa Rica	2,30	1,18	1,73	5,08
Ecuador	2,44	1,06	1,81	6,00
Indonesia	2,26	1,14	1,68	6,00

Fuente: elaboración propia.

Según (Santelices Fierro, 2019) menciona que las mejores variedades de café en el mundo son Caturra, proviene del origen Brasil, pero ahora en la actualidad son más comunes en Costa Rica y Colombia el 75% de producción mundial de café es de este origen.

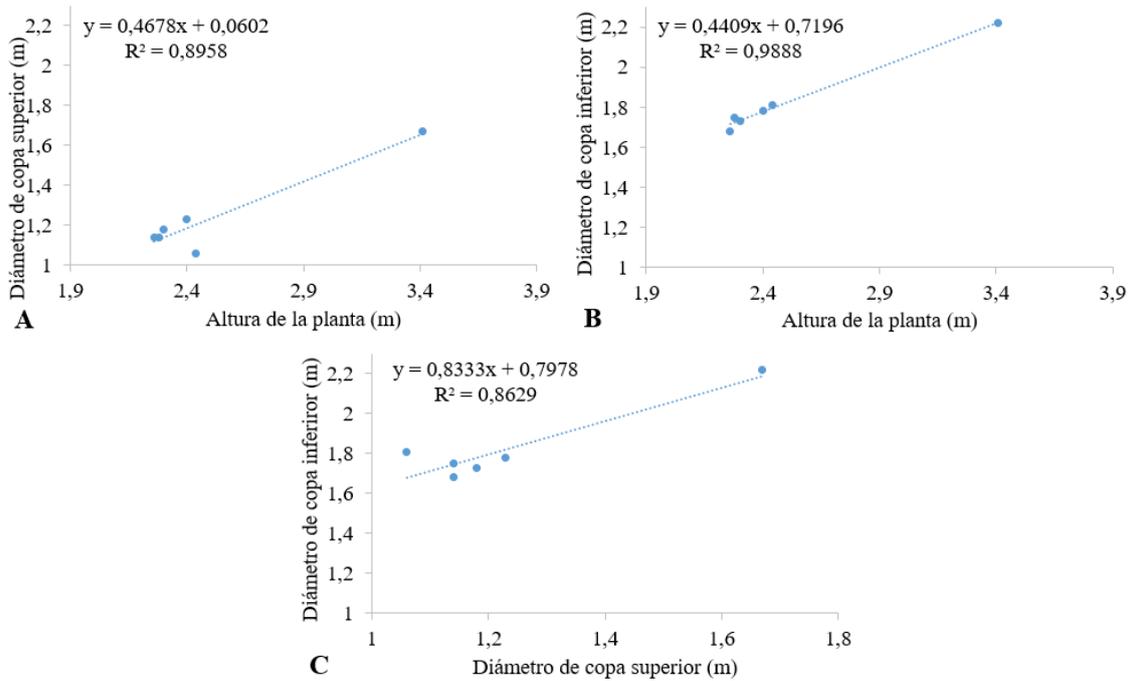
En la zona de Intag la variable de café por Origen indica que es la mejor es Colombia esta se debe a que esta variedad se encuentra en sus condiciones adecuadas, parecidas a las de sus condiciones naturales, seguida de la de origen nacional la cual se encuentra en su habitat natural con las condiciones adecuadas lo que nos dio un mejor valor.

4.1.2.2 Regresiones del Análisis por el origen del Coffea arábica.

Al realizar el análisis de regresión se observó el comportamiento lineal sobre todo entre las variables entre diámetro de copa inferior y altura de la planta siendo que se obtuvieron coeficientes de determinación (R^2) de 0,9888; mientras las otras dos comparaciones se tiene coeficiente de determinación (R^2) de 0,8958 y de 0,8629 que se consideran aceptables; evidenciándose una relación directamente proporcional (ver figura 5).

Figura 5.

Análisis de regresión de Diámetro de copa superior vs Altura de la planta, Diámetro de copa inferior vs Altura de la planta y Diámetro de copa inferior vs Diámetro de copa Superior.



Fuente: elaboración propia.

4.1.3 Prueba de hipótesis para *A. nepalensis*.

Se realizaron las 18 pruebas de *t* de Student para el caso de *A. nepalensis* en donde solo dos de ellas presentaron significancia, en la variable área de copa entre las parcelas P1 y P2, P2 y P3; es decir que el comportamiento de la especie forestal en el área de estudio es similar, lo que ratifica los resultados de la estadística descriptiva de las variables DAP y altura que son homogéneas y el área de copa heterogéneos.

Tabla 5.Prueba de t de Student para el *Alnus nepalensis* D. Don.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	T	p-valor	sig.
DAP (m²)	{P1}	{P2}	0,54	0,56	-0,2937	0,7745	Ns
	{P1}	{P3}	0,54	0,54	-0,0102	0,992	Ns
	{P1}	{P4}	0,54	0,53	0,2965	0,7712	Ns
	{P2}	{P3}	0,56	0,54	0,3505	0,7332	Ns
	{P2}	{P4}	0,56	0,53	0,6968	0,4982	Ns
	{P3}	{P4}	0,54	0,53	0,3892	0,7034	Ns
Altura (m²)	{P1}	{P2}	21,71	22,83	-1,9051	0,0832	Ns
	{P1}	{P3}	21,71	22,5	-1,2123	0,2508	Ns
	{P1}	{P4}	21,71	22,67	-1,4609	0,1661	Ns
	{P2}	{P3}	22,83	22,5	0,6325	0,5413	Ns
	{P2}	{P4}	22,83	22,67	0,2779	0,7855	Ns
	{P3}	{P4}	22,5	22,67	-0,2582	0,8003	Ns
Área copa (m²)	{P1}	{P2}	67,35	95,63	-2,1471	0,0549	*
	{P1}	{P3}	67,35	99,63	-2,3873	0,0360	*
	{P1}	{P4}	67,35	89,65	-0,8522	0,4122	Ns
	{P2}	{P3}	95,63	99,63	-0,3491	0,7342	Ns
	{P2}	{P4}	95,63	89,65	0,2358	0,8188	Ns
	{P3}	{P4}	99,63	89,65	0,3906	0,7043	Ns

Fuente: elaboración propia.

4.1.4 Prueba de hipótesis para *Coffea arábica*.

Se realizaron 104 pruebas de t de Student para *Coffea arábica* en donde 24 presentaron significancia y alta significancia en una clasificación por parcelas, origen, tipo y no presentaron significancia en la clasificación, área de copa y altura como se puede ver en la tabla 6, (ver anexo 5, anexo 6 y anexo 7).

Tabla 6.

Prueba de “t” de Student para *Coffea arabica*.

Clasific.	Var.	Grupo 1	Grupo 2	Med. (1)	Med. (2)	T	p-valor	Sig.
Parcela	Altura (m)	{P1}	{P2}	2,58	2,04	6,84	<0.0001	**
		{P1}	{P3}	2,58	2,37	2,36	0,0188	*
		{P2}	{P3}	2,04	2,37	-	<0.0001	**
	Área de copa (m)	{P2}	{P4}	2,04	2,51	4,84	<0.0001	**
		{P1}	{P2}	1,23	1,07	6,58	<0.0001	**
		{P2}	{P3}	1,07	1,17	-	0,0016	**
Origen	Altura (m)	{Africa}	{Colombia}	2,28	3,41	-	0,0002	**
		{Brazil}	{Colombia}	2,40	3,41	-	0,0016	**
		{Colombia}	{Costa_Rica}	3,41	2,30	3,18	0,0003	**
		{Colombia}	{Indonecia}	3,41	2,26	3,41	0,0010	**
		{Africa}	{Colombia}	1,13	1,53	-	0,0038	**
		{Brazil}	{Colombia}	1,18	1,53	2,95	0,0099	**
	Área de copa (m)	{Colombia}	{Costa_Rica}	1,53	1,14	2,59	0,0051	**
		{Colombia}	{Indonecia}	1,53	1,11	2,83	0,0048	**
		{caba}	{colombia intag}	2,26	3,41	-	<0.0001	**
		{caturra}	{colombia intag}	2,40	3,41	-	0,0014	**
		{colombia intag}	{costa rica}	3,41	2,62	3,21	0,0469	*
		{colombia intag}	{etiopia}	3,41	2,28	3,84	0,0002	**
Tipo	Altura (m)	{colombia intag}	{tipica mejorada}	3,41	2,27	3,75	0,0002	**
		{caba}	{colombia intag}	1,11	1,53	-	0,0048	**
		{caturra}	{colombia intag}	1,18	1,53	2,90	0,0092	**
		{colombia intag}	{etiopia}	1,53	1,13	2,62	0,0038	**
		{colombia intag}	{tipica mejorada}	1,53	1,13	2,95	0,0038	**
		{colombia intag}	{tipica mejorada}	1,53	1,13	2,84	0,0050	**

Clasific.: Clasificación; **Var.:** Variable; **Med. (1):** Media 1; **Med. (2):** Media 2; **t:** prueba de t Student;

Sig.: Significancia.

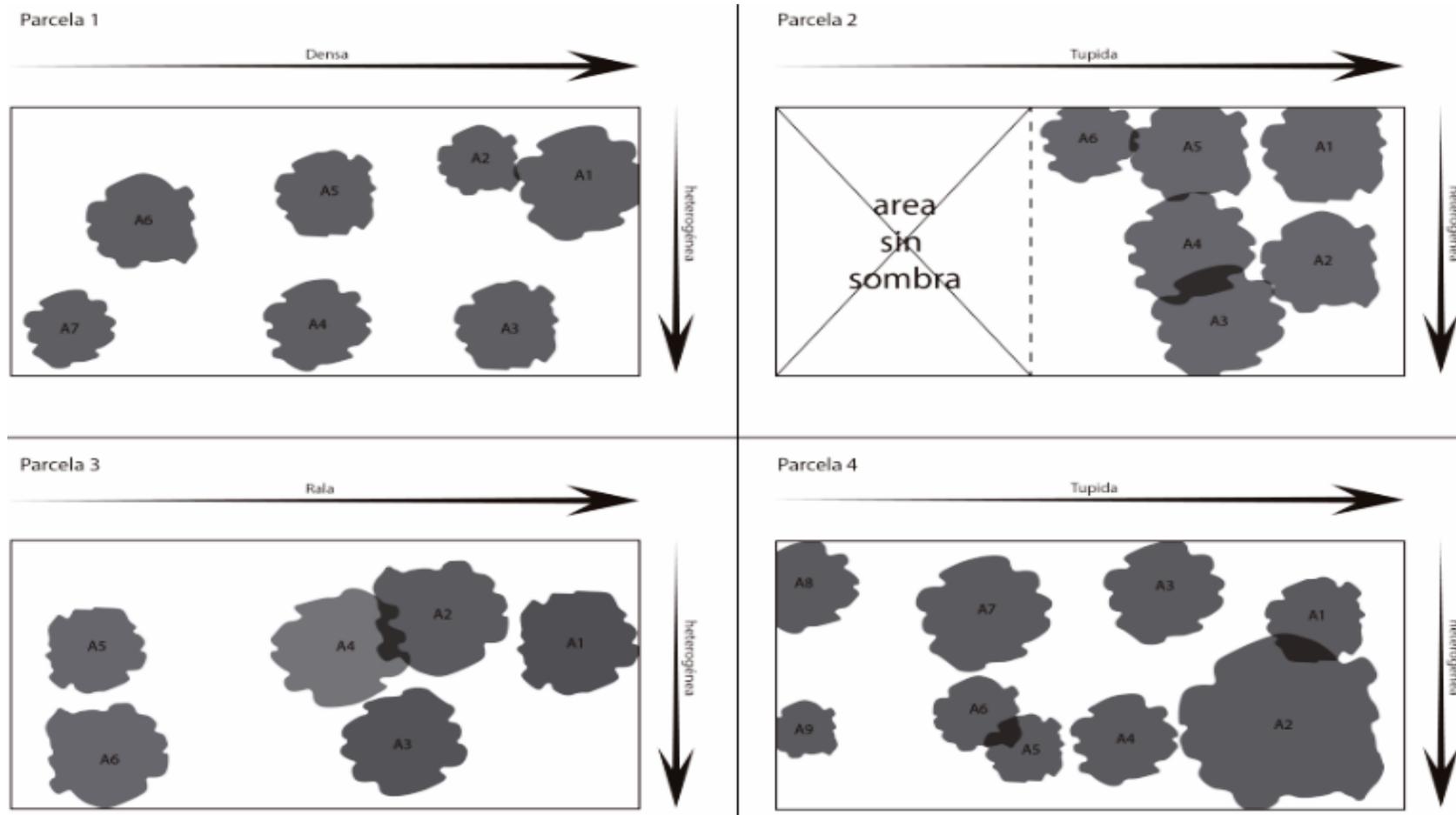
Fuente: elaboración propia.

4.1.5 Tipo de sombra y distribución espacial de las copas.

El análisis de tipo de sombra para cada parcela se clasificó como; P1 es densa heterogénea, P2: tupida- heterogénea, P3: Rala-heterogénea y P4: Tupida-heterogénea. Así como en la P4 tienen mayor cobertura de sombra y la P2 la menor área de sombra (ver figura 6).

Figura 6.

Distribución de la sombra y tipo de sombra.



Fuente: elaboración propia.

Schler, (2000) argumenta que la heterogeneidad de la sombra en el cafetal es cuando se pasa de parches de sombra a parches de luz solar repetidamente al caminar por el sistema, esto se debe a que hay espacios entre los individuos forestales, como se aprecia en la figura 6, se ratifica en la investigación lo mencionado por el autor citado.

Este tipo de sombra se debe a la propia arquitectura del árbol ya que esta especie tiene una distribución de ramas helicoidales, pero también la distribución de la plantación de los árboles es dispersa y las plantas en el terreno provocan que la sombra se vea afectada, por este hecho se corrobora lo mencionado por el autor anterior.

Según Farfán, (2007) menciona que la disposición de los árboles si se presenta de manera dispersa, sin un orden, es decir de manera aleatoria, se considera que es una distribución en mezcla, por lo que no se evidencia un orden estricto tanto los árboles como cafetos, por lo que se considera que el sistema estudiado corresponde a un sistema mixto con dos estratos un arbóreo y un cultivo perenne

Miguel y Toledo (1999) clasificándole, así como monocultivo sombreado, que según Brunner (2018) indica que estos tienen una especie de sombra (árboles) con una cobertura de dosel inferior del 30%.por lo que el área estudiada se puede considerar como monocultivo sombreado sin embargo los porcentajes de dosel son superiores

4.1.6 Porcentaje de sombra y autosombra de *Coffea arábica*.

Los datos se encuentran medianamente agrupados en cuanto al porcentaje de sombra, así como la parcela con mayor porcentaje de sombra es la cuatro con 115,007 % de sombra en el sistema, se debe al mayor número de árboles existentes en la misma y la parcela con menor sombra es la uno con un 82.908 % de sombra, se obtuvo 36,846% de sombra aportado de los alisos y 56,023% de sombra del cafeto con 92.1 de sombra existente en el sistema agroforestal ver tabla 7.

Tabla 7.

Porcentaje de sombra de las especies y del sistema (%):

Parcela	Porcentaje de sombra %		Área parcela(m ²)	Porcentaje de sombra en el sistema (%)
	Café	Aliso		
P1	53,324	29,583	800	82,908
P2	51,828	36,014	800	87,842
P3	58,722	37,678	800	96,401
P4	65,724	49,283	800	115,007
Media	56,023	36,846	800	92,1

Fuente: elaboración propia.

Barrantes (2013) releva que el porcentaje adecuado de sombra que aportan los árboles al sistema agroforestal son entre 20 a 40 porciento el cual para este asocio los caficultores recomiendan el uso de especies maderables donde el caficultor se beneficie de madera y estos aportan materia orgánica, que no exista escurrimiento de nutrientes entre otros, por lo que se puede concordar con el investigador diciendo que el café bajo sombra del sistema presenta una media de 36.84 % de sombra aportada por *A. nepalensis*.

Ramírez, (1999) sugiere que, el porcentaje a recibir los cafetos y cacao en un asocio con sombra permanente es de 25 a 35% de sombra, lo que permite mejorar el desarrollo de las especies y ende la productividad. Lo cual permite inferir que la media del porcentaje de sombra en el sistema de esta investigación es 36.84 %, esto puede ser debido a la dispersión de los árboles.

Pérez & Suárez, (2011) indican en su estudio, que el porcentaje de autosombra adecuado es menor a 64 %, ya que si existe un exceso de sombra afectará el rendimiento del cultivo El autor citado recomienda un 49 % de autosombra, la cual se logra a un distanciamiento de 1.80x0.90 m, en función a lo antes expuesto se puede afirmar que en el sistema estudiado existe una media de 56.0 % , con un excedente de cafetos en la parcela P4 con 65.72% debido a que estos se encuentran con una densidad de plantación alta.

4.2 Altura de copa del árbol y la velocidad de tránsito de la copa sobre el suelo.

En cuanto a la sombra se determinó en velocidad de avance que, la parcela P3 obtuvo los mayores valores en las direcciones norte, este y sur con 0,31m, 0,56m² y 0,58m² respectivamente; mientras que, la mayor velocidad al oeste se registró en la parcela P4 con 0,74 m². En lo que se refiere a la Velocidad de retroceso se determinó que los mayores valores en la parcela P3 con 0,54m², 0,90m², 0,33m² y 0,84m² en las direcciones norte, este, sur y oeste respectivamente (ver anexo 8).

Tabla 8.

Velocidad de tránsito m²/h.

Parcela	Velocidad de avance (m ² /h)				Velocidad de retroceso (m ² /h)			
	Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste
P1	0.13	0.22	0.49	0.21	-0.29	-0.33	-0.59	-0.84
P2	0.16	0.35	0.54	0.12	-0.29	-0.29	-0.74	-0.70
P3	0.31	0.58	0.56	0.24	-0.54	-0.22	-0.90	-0.75
P4	0.18	0.11	0.28	0.74	-0.26	-0.22	-0.61	-0.69
Media	0.19	0.31	0.46	0.29	-0.34	-0.26	-0.69	-0.74
		0.31				-0.51		

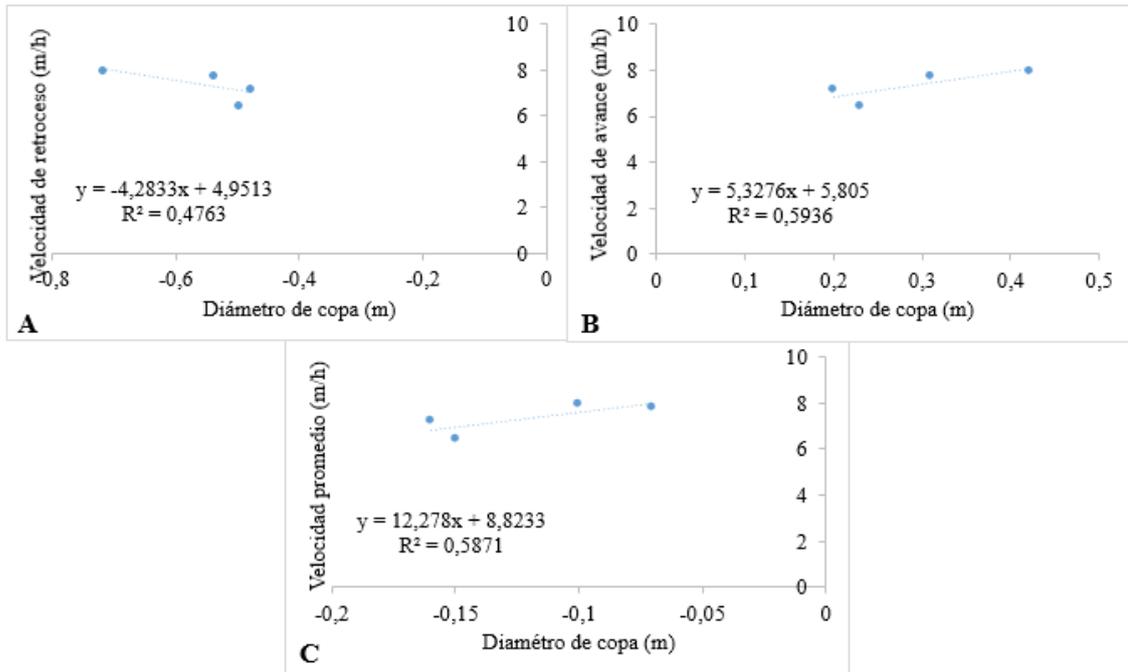
Fuente: elaboración propia.

4.2.1 Regresiones copa forestal y velocidad de la sombra en el suelo.

En lo que respecta a la velocidad de avance y retroceso de la sombra en relación al diámetro de copa, se evidencia que en la velocidad de avance y la velocidad promedio se registraron coeficientes de determinación de la regresión lineal (R^2) similares y cercanos a 0,6, mientras que en el caso de la velocidad de retroceso presentó el menor coeficiente; por lo que se puede decir que las velocidades tienen un ajuste parcial a la recta de regresión en vista de que los coeficientes son más cercanos a uno que a cero. ver figura 7.

Figura 7.

Análisis de regresión entre velocidad de retroceso, velocidad de avance y velocidad promedio & diámetro de copa.

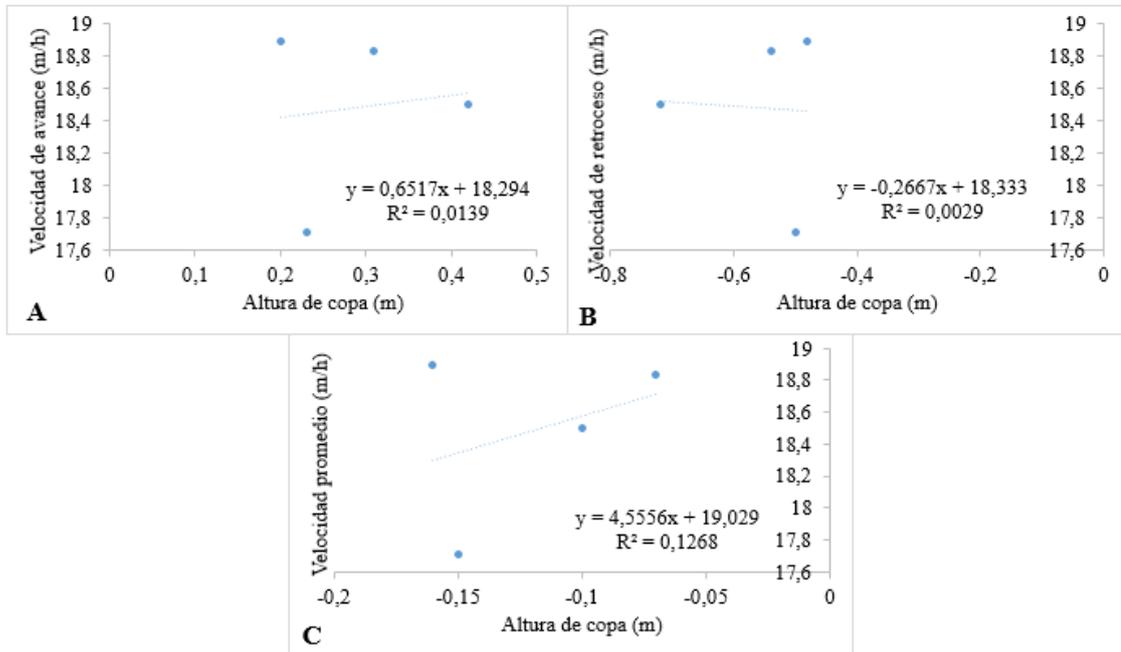


Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la velocidad de la sombra se puede decir que, la velocidad promedio el coeficiente de terminación de la regresión (R^2) es superior a 0,1; por lo que se puede afirmar que no existe ajuste a la recta de regresión; es decir que la altura de copa no infiere en la velocidad de la sombra. Observar figura 8.

Figura 8.

Análisis de regresión lineal de velocidad de avance, velocidad de retroceso y velocidad promedio & altura de copa.



Fuente: elaboración propia.

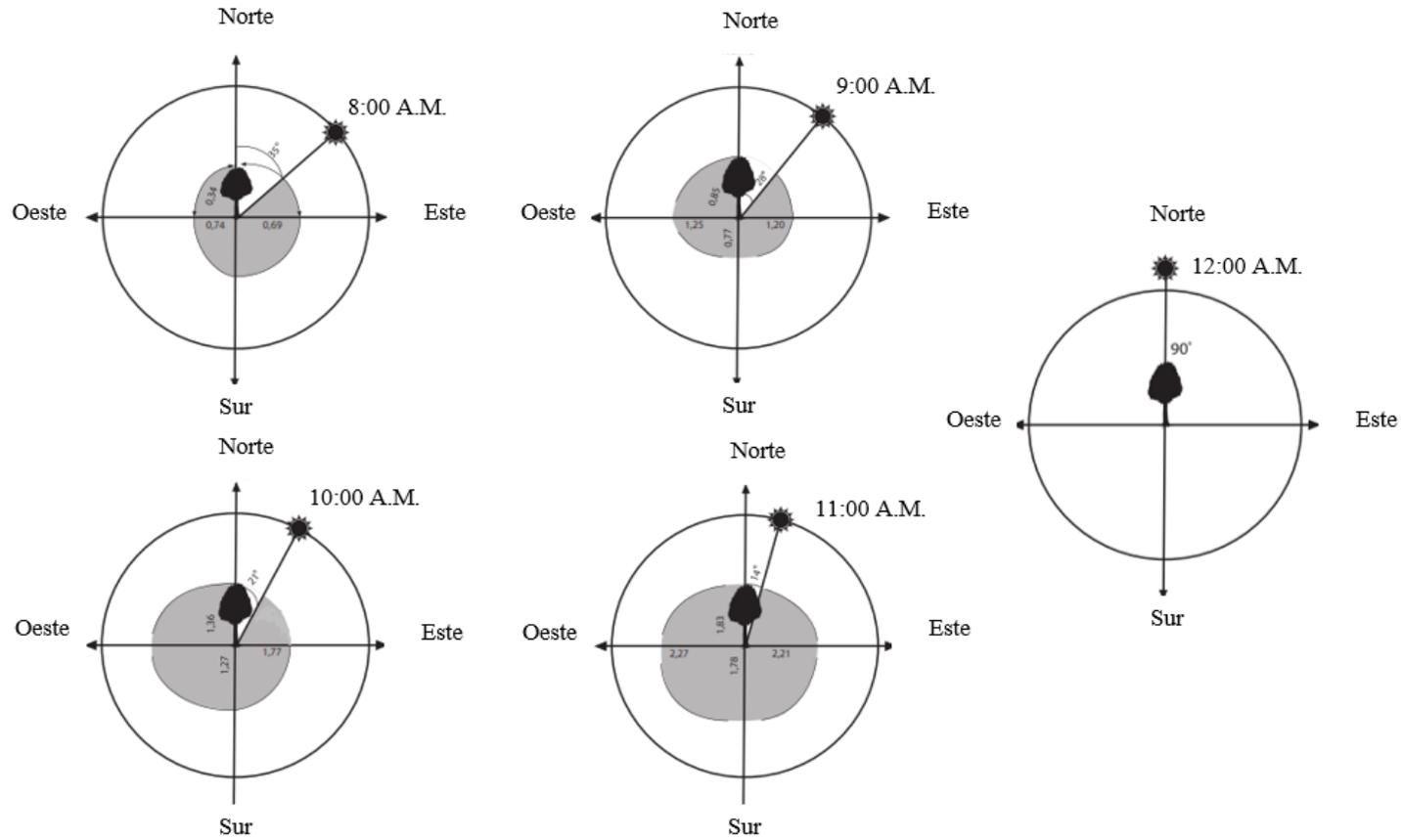
Según Farfán, (2019) manifiesta que; café con *Inga spp.* tiene un recorrido de sombra horizontal de 12 m. en un árbol con altura total de 15 m.; las sombras homogéneas son de tipo densa y los heterogéneos es sombra rala, a copa baja (15 m.) la longitud de la trayectoria diaria de la sombra será menor que la trayectoria de una copa de gran altura (35 m.); la sombra transita más rápidamente sobre su trayectoria cuando la copa está alta o heterogénea recibirá menos horas de sombra al día que si estuviera ubicada en el recorrido de la sombra de una copa baja u homogénea. Por lo que se puede concordar con el autor ya que los árboles de *A. nepalensis* se encuentran en una media de 22,43 m. de altura y un recorrido de sombra horizontal de 41m.

4.2.2 Reflejo de la sombra de *A. nepalensis* en el sistema agroforestal.

En lo que respecta a la distribución de la sombra en el suelo, se puede evidenciar que esta no está presente en una parte del cuadrante Nor-Este, siendo a las 8:00 el área sin sombra con un ángulo de 35°; mientras que a las 12:00 el ángulo es de 90° y casi no existe sombra (ver figura 9)

Figura 9.

Desplazamiento de la sombra en horas de la mañana.

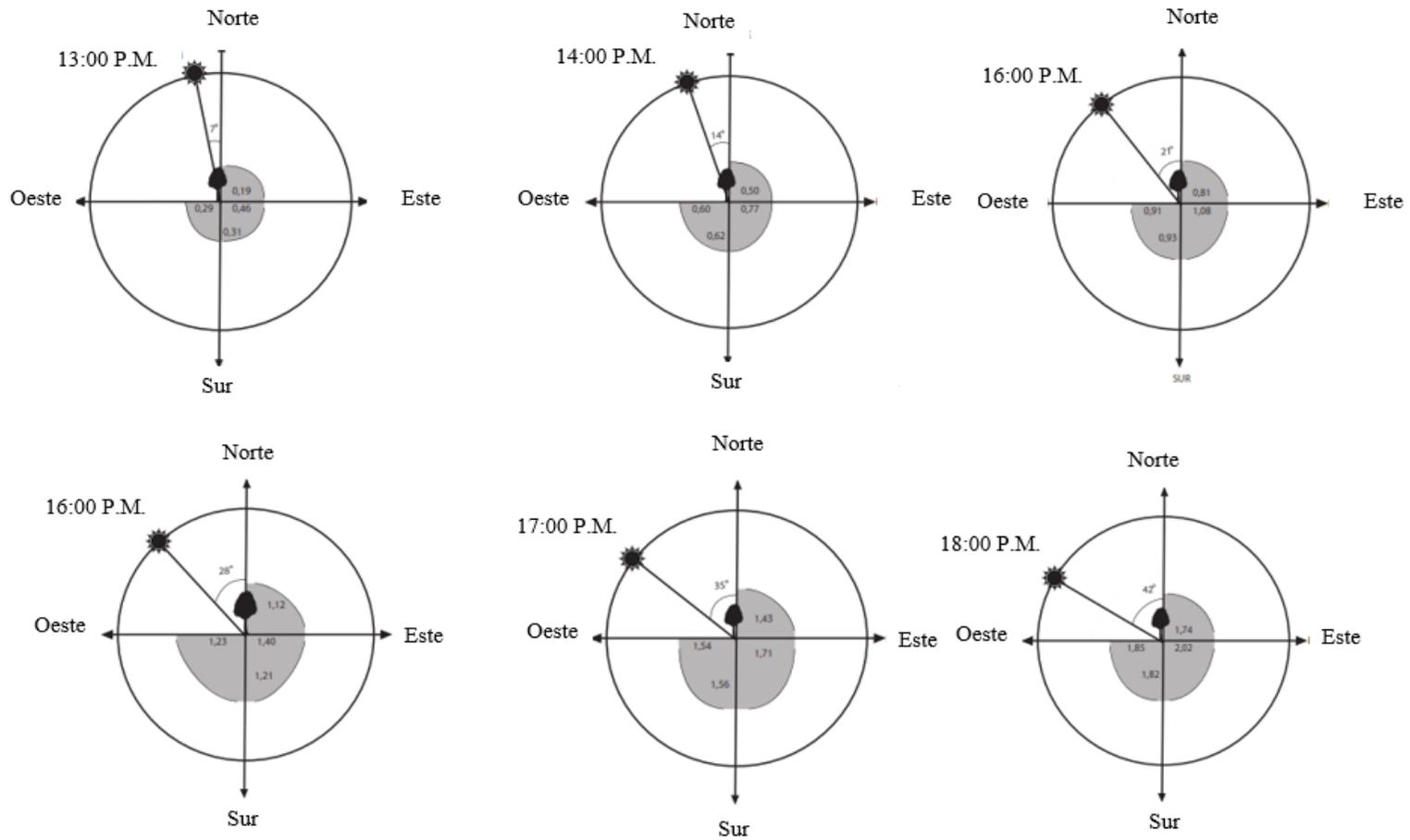


Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las horas de la tarde se aprecia a las 13:00 horas el ángulo de inclinación del sol cambia Nor-Oeste, mientras que hay sombra en los cuadrantes Nor-Este, Sur-Este y Sur-Oeste. Así también la proyección de sombra es mayor es entre las 16:00 a 17:00 (figura 10)

Figura 10.

Desplazamiento de la sombra en horas de la tarde



Fuente: elaboración propia.

Somarriba (2004) manifiesta en su estudio que la distribución de copas tiene efectos sobre la cantidad y calidad de luz que recibe cada punto en el suelo, así también manifiesta que una copa de 25 m es considerada como copa alta a la cual entre más alta la copa menor horas de sombra al día; así también que la distribución de luz es mayor en Nor-Oeste, por lo que los resultados obtenidos concuerdan con el autor. Es por eso que se debe definir técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra y socializar con los habitantes de la Parroquia Seis de Julio de Cuellaje.

4.3 Definición de técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra y socializar con los habitantes de la Parroquia Seis de Julio de Cuellaje.

Se elaboró un cuadro de técnicas de manejo de sistemas agroforestales en el cual se presentan aquellas que se pueden emplear en un sistema agroforestal de café, de las cuales se tomaron las más afines a la investigación tales como, corte, raleo, poda y ventile.

Tabla 9.

Técnicas de manejo de sistemas agroforestales.

Técnicas de manejo de plantación	Eliminación	Control de malezas	Plateo o coroneo, limpieza total Defoliación manual Poda comercial Poda de crecimiento Poda de formación Poda sanitaria Poda de rejuvenecimiento Poda sistemática en café Poda selectiva en café
	Corte	Poda y Ventile	
	Raleo	Raleo Raleo selectivo Raleo sistemático	
		Manejo de sombra en cultivos agrícolas Protección de la plantación Selección de especies	

Fuente: elaboración propia, basada en Cordero & Boshier y La Torre Moscoso, (2012).

Se socializo un folleto, donde se informa acerca del manejo agroforestal con café, el mismo que contiene información taxonómica, importancia en la Zona de Intag de *Coffea arabica*; se identificaron técnicas de manejo de café bajo sombra con imágenes demostrativas como también el porcentaje que debe tener un sistema, o distanciamiento de árboles (ver figura 11 y figura 12).

Se compartió la información de la investigación y sus resultados en la parroquia 6 de Julio de Cuellaje por medio del internet (debido a la pandemia del año 2020 y sus restricciones) haciendo llegar al GAD parroquial, así también al señor Edmundo Varela dueño del área de estudio (ver anexo 9 y anexo 10).

Figura 11.

Folleto de la socialización cara anversa.

¿CUÁL ES EL PORCENTAJE OPTIMO DE SOMBRA EN UN SISTEMA AGROFORESTAL DE CAFE?

Esta entre 70-80 % ya que debe existir suficiente espacio entre los árboles, en donde lo ideal sería tener una proporción de sombra y sol de 2:3 o en caso de no saber el porcentaje de sombra se recomienda tener un espaciamiento de 20m entre cada árbol, donde los arboles deben cubrir con una sombra del 40% para el cultivo del café.

¿Beneficios del café al cultivar bajo sombra?

- ◆ Este tipo de sistemas permiten mejorar la economía de las familias
- ◆ Mejora las condiciones de suelo.
- ◆ No hay desgaste de Agua o nutrientes.
- ◆ El rendimiento del las cosechas es mayor.
- ◆ Se evitan plagas y enfermedades



Fuente: La Torre Moscoso ,(2012)

¿Cuáles son los tipos de sombra ?

Permanente: se usa durante toda la vida del cafetal la cual es la más recomendada.

Transitoria: se usa durante los primeros años de vida del cafeto.



Fuente: ilustraciones Ó depositphotos

Fuente: elaboración propia.



Fuente: Ineap, (2017).

Investigación realizada en la Parroquia seis de Julio de Cuellaje en la propiedad del señor Edmundo Varela dio los siguientes resultados:

Se identifico a la sombra como un servicio ambiental para mejorar el cultivo, además genera un producto adicional que es la madera de *A. nepalensis* con excelentes características como altura y volumen.

Se comprobó en el estudio que la mejor sombra es de 92% existente en el sistema donde 56% aporta el cafeto y 36% aportan los árboles.

No permite que los suelos se desgasten o se pierda agua y la hojarasca de los arboles sirve como Material Orgánico.

Los cafetales se desarrollan en buenas condiciones y se encuentran con buen estado sanitario (no están enfermos los cafetales).



Fuente: ilustraciones Ó depositphotos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL.

AUTORA: Evelyn Valles
emvallesc@utn.edu.ec

2020

**MANEJO DEL SISTEMA AGROFORESTAL DE CAFÉ Y ALISO
SISTEMAS AGROFORESTALES**

Constituyen asociaciones diversas de árboles, arbustos, cultivos agrícolas, pastos y animales. Se fundamenta en principios y formas de cultivar la tierra basado en mecanismos variables y flexibles en concordancia con objetivos y planificaciones propuestos, permitiendo al agricultor diversificar la producción en sus fincas o terrenos, obteniendo en forma asociativa madera, leña, frutos, plantas medicinales, forrajes y otros productos agrícolas.



Fuente: La Torre Moscoso ,(2012)

¿QUE ES EL MANEJO AGROFORESTAL?



Fuente: Diana Chávez, (2007)

El manejo tiene como objetivo recuperar, aumentar o mantener el nivel de productividad del sistema a mediano y largo plazo.

Las técnicas empleadas para el manejo están orientadas a proteger el suelo de la erosión, mantener el ciclo de nutrientes, asegurar el suministro de agua y otros factores.

Figura 12.

Folleto de la socialización cara reversa

MANEJO AGROFORESTAL DEL SISTEMA

Coffea Arábica es una especie originaria en bosques naturales de Etiopía o Yemen, Arabia, por lo tanto su memoria genética está vinculada a recibir sombra.

Taxonomía

- Familia: Rubiaceae
- Genero: Coffea
- Especie: Arabica.



Fuente: J.Beer, M.Ibrahim, E.Somarriva, A.Barrance, R.Leakey, (2018).

La Zona de Intag se caracteriza por la producción de alta calidad de café arábico lavado, natural y robusta convirtiéndose en un lugar del país, que exporta varios tipos, a Estados Unidos y Europa.

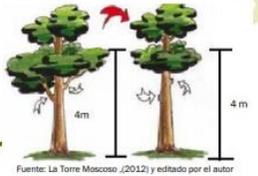
TÉCNICAS DE MANEJO DEL CAFÉ BAJO SOMBRA

Defoliación manual: dependiendo del árbol o arbusto tiene que eliminar las hojas



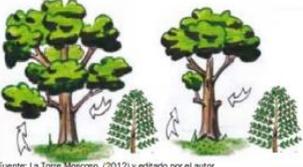
Fuente: La Torre Moscoso (2012) y editado por el autor

Corte: corte a cuatro metros de altura y deje las ramas horizontales en lados opuestos.



Fuente: La Torre Moscoso (2012) y editado por el autor

Ventile: las primeras ramas de los arboles deben estar a una altura doble del cafeto.



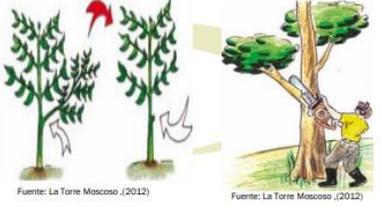
Fuente: La Torre Moscoso (2012) y editado por el autor

Eliminación: elimine las plantas parasitas y ramas de árboles por debajo de 5 metros de altura y ramas próximas al café.



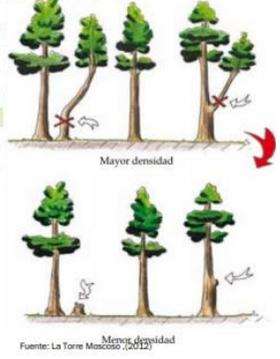
Fuente: La Torre Moscoso (2012)

Podas: debe realizar una poda de formación cuando los arboles estén jóvenes y después de la cosecha para un incremento del cafeto, una maduración uniforme y crear condiciones desfavorables para enfermedades.



Fuente: La Torre Moscoso (2012)

Raleo: el propósito es la extracción de árboles con el objetivo de dejar la cantidad necesaria y así concentrar el crecimiento de los mejores.



Fuente: La Torre Moscoso (2012)

Fuente: elaboración propia.

Según Barrantes, (2013) manifiesta en su trabajo una guía de técnicas de SAF la cual es bastante amplia ya que tiene desde lo general a lo particular, tales así como definiciones de la agroforestería el origen, prácticas agroforestales y técnicas a más de presentar resultados de las mismas y recomendaciones para la práctica, teniendo un trabajo de 33 hojas avalado por organizaciones. En cuanto al trabajo se puede decir que no es de esta manera ya que se busca una captación rápida e entendible de lo que se expresa en el mismo no obstante a ellos se identificaron las mejores técnicas y la mejor información sin desviarnos de la investigación plasmandola en un folleto en la cual presenta información en seis carillas.

Farfán (2014) realizó un estudio en sistemas agroforestales con café, en el cual menciona que se permitió generar nuevos y actualizados conocimientos en el manejo integrado de la caficultura bajo sombra, por lo que se concuerda con el autor ya que con esta investigación se logró socializar las técnicas de manejo y temas afines, buscando así que los productores de café obtengan información de los beneficios de la caficultura bajo sombra.

Gilles de Pelichy (2012) menciona en su investigación que, el uso apropiado de la sombra mejora la vida productiva de la planta aunque esto conlleve mayor uso de insumos y prácticas silviculturales, por lo que se debe realizar técnicas de manejo como podas y raleos anuales para brindar condiciones adecuadas para el café, lo que permite concordar con el autor debido a que cuando existe un mal uso de las técnicas estas afectan al sistema agroforestal lo que provocaría que no se obtengan los resultados de producción esperados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determinó que la sombra en el sistema agrosilvícola es heterogénea para todas las parcelas, de tipo rala, tupida y densa. Donde permite tener a los agricultores claros para un adecuado crecimiento y producción, a excepción de la parcela P4 que presenta un excedente de cafetales con un porcentaje superior de autosombra a lo conveniente.

En el sistema agroforestal se evidencia que no existe una relación entre la copa y la velocidad de sombra, la velocidad de transito de la sombra en el horario establecido se evidencia que existe una mayor velocidad de retroceso que de avance de la sombra, de esta manera se identifica que no hay una relación directamente que afecte a la producción en cuanto al movimiento de la sombra en el día.

Se identificaron las técnicas a realizar en un sistema agroforestal de las cuales se tomaron las mejores a criterio del investigador para lo cual se propuso seis técnicas de manejo entre la especie forestal y el cultivo de cafetos, presentando los beneficios de la producción de café bajo sombra y los tipos de sombras existentes, se hizo partícipe al GAD parroquial de la parroquia Seis de Julio de Cuellaje y al propietario del sitio donde se realizó la investigación, para de esta manera propagar la información de la investigación y beneficiar a los agricultores de la zona.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda fomentar el uso de este tipo asocio de *Cofia arábica* con *A. nepalensis* debido a los beneficios económicos y ambientales a mediano y largo plazo que ofrece en función de los resultados obtenidos en la investigación.

Se recomienda dar un equilibrio de sombra de los árboles entre 30-40% con la sombra de los cafetales entre 40-50% para tener condiciones adecuadas para el desarrollo de las especies con valores de sombra en sistema agroforestal de 80%.

En el sistema se recomienda eliminar plantas de cafeto debido a que hay un porcentaje de autosombra superior a lo indicado y podar las ramas de los árboles que se encuentren demasiados juntos a menos de 4 m. ya que son de copas anchas.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, C., & Vizcaino, M. (2010). *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales*. Ibarra: Editorial Universitaria.
- Altieri, M. A. (2009). Azúcar roja desiertos verdes. *Monocultivos y sus impactos sobre la biodiversidad*, 55. Obtenido de https://docs.escribnet.org/usr_doc/AzucarRoja%5B1%5D.pdf#page=55
- Alulima C., M. (2012). *Alternativas agroecológicas para el manejo del café (Coffia arabica)*. (tesis tercer nivel). Universidad de Cuenca, Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3251/1/TESIS.pdf>
- Amores, P. F., Duicela, G. L., Corral, C. R., Guerrero, C. H., Vasco, M. A., Motato, A. N., . . . Guedes, C. R. (2004). *Varietades mejoradas de café arábigo: Una contribución para el desarrollo de la caficultura en el Ecuador*. Quevedo: INIAP.
- Andrade, H. J., Marín, L. M., & Pachón, D. P. (20014). *Fijación de carbono y porcentaje de sombra en sistemas de producción de café (Coffea arabica L.) en el Líbano, Tolima, Colombia*. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado.
- Anthony, F.; Combes, M.C.; Astorga, C.; Bertrand, B.; Graziosi, G.; Lashermes, P. 2002. *The origin of cultivated Coffea arabica L. varieties revealed by AFLP and SSR markers*. Theoretical and Applied Genetics 114:894-900.
- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador de 2007, A. (2008). CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008. Quito: SEMPLADES
- Añazco Romero, M. (21 de 1 de 2019). Silvicultura, Ecología y Genética. *Simposio Internacional sobre manejo sostenible de los recursos forestales*. Ibarra, Ecuador.

- Barrantes Rodríguez, A. (2013). *Guía técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) CON árboles forestales maderables*. Costa Rica: Oficina Nacional Forestal .
- Brunner, S. (2018). The influence of canopied coffee on outcome and biodiversity aspects - a case study in El Cairo in Colombia. *Universitat Innsbruck*.
- Caminio, R., & Budowski, G. (1998). Impactos ambientales de las plantaciones forestales y medidas correctivas de carácter silvicultural. *Revista Forestal Centroamericana*.
- Casanova Lugo, F., Petit Aldana, J., & Solorio Sanchez, J. (2010). *Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano*. *Scielo*, 2. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182011000100013
- Castillo, N. J. (2012). *Análisis del comportamiento del aliso *Alnus nepalensis* D. Don, asociado con *brachiaria* *Brachiaria decumbens* staff y pasto miel *Setaria sphacelata* (schumach) staff & c. e. Hubb y pasturas en monocultivo*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- CATIE (Centro agrónomo tropical de investigación y enseñanza). *Agroforesteria en las Americas*. 1999; 6(23):4.
- Cevallos Rondón, J. L. (2017). *Determinación de la ubicación geográfica de *Alnus nepaensis* D. Don en la zona de Intag noroccidente del Ecuador*. Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Chamba Quiñonez, E. G. (2018). *Efecto de cuatro niveles de sombra en el desarrollo vegetativo de caféto (*Coffia arabica* L.) en sistemas agroforestales de la Hacienda Cristal del canton Loja. (tesis de tercer nivel)*. Universidad Nacional de Loja, Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21121/1/Estefania%20Gabr iela%20Chamba%20Qui%C3%B1onez.pdf>

- Chango, M. (2011). *Interaccion ecologica entre una especie forestal, especie agricola y su relacion directa e indirecta con el suelo*. Loja. Obtenido de <https://tropicalwood.blogia.com/2011/060401-interacci-n-entre-rbol-cultivo-y-suelo.php>
- Coda Salgado, R. (2011). *La agroforesteria una alternativa para la agricultura familiar campesina*. Chile: Instituto de desarrollo agropecuario.
- Codigo Organico del Ambiente. (14 de 02 de 2018). Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017. COA. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Cros, J.M.C.; Combes, P.; Trouslot, F.; Anthony, S.; Hamon, A.; Charrier, A.; Lashermes P. *Phylogenetic relationships of Coffea species: new evidence based on the chloroplast DNA variation analysis*. Molecular Phylogenetics and Evolution, v.9, p.109-117, 1998.
- Decreto Ejecutivo 752. (2019) [Presidencia De La Republica Del Ecuador]. Reglamento al código orgánico del ambiente. Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.-2019
- Delgado Burgoa, F., Serrano, E., & Bilbao Paz, J. (2001). *Agroforesteria en Latinoamerica*. Buga, Colombia. Obtenido de <http://infobosques.com/descargas/biblioteca/467.pdf>
- Delgado Orellana, G., & Orellana Samaniego, M. (2015). *Estimacion de la radiacion solar global diaria en el canton cuenca mediante la palicacion del modelo BRISTOW & CAMPBELL*. tesis(Ingeniero Ambiental). Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8428/1/UPS-CT004934.pdf>
- Duicela, & Corral. (2009). *Café y ambiente: Reflexiones sobre la caficultura de los recursos naturales*. Manta: EC.s.p.

- Duicela, Corral, C. R., & Farfán, T. D. (2011). *Defectos físicos del café arábigo: Clasificación, descripción y prevención*. Manta: EC. s.e. Boletín Divulgativo N° 09.
- Duke, J. (1983). *Manual de cultivos energéticos*. Birmania. FAO, boletín técnico N° 32.
- Duke James, A. (1993). *Cultivos energéticos*. Obtenido de Cultivos energéticos: https://translate.google.com.ec/translate?hl=es-419&sl=en&u=https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Alnus_nepalensis.html&prev=search
- Eduardo & Orozco-Aguilar, Luis & Cerda, Rolando & López Sampson, Arlene. (2018). *Analysis and design of the shade canopy of cocoa-based agroforestry systems*. 10.19103/AS.2017.0021.29.
- Escarraman, A. (2018). *Manejo de sombra en cafetales*.
- Espinosa Marquez, A. Y. (2018). *Impactos de la sombra de espino Vachellia macracantha Seigler & Ebinger en asocio con café Coffea arabica L var. Caturra rojo en Ibarroquia Santa Catalina de Salinas, provincia de Imbabura*. Ibarra. Obtenido de file:///D:/utn%20eve/descargas%20tesis/tesis%20ana.pdf
- FAO. (2005). *Beneficios económicos de la agrosilvicultura: experiencias, enseñanzas y dificultades*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5574s/y5574s09.pdf>
- FAO. (2017). *Agroforestería para la*. Roma: @FAO2017. Obtenido de <http://www.fao.org/3/b-i7374s.pdf>
- Farfán V., F. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*, chapter *Cafés especiales*, pages 233–254. Cenicafe.
- Farfán Valencia, F. (09 de 2010). *Café orgánico al sol y bajo sombra*. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/360/1/avt0399.pdf>

- Farfán Valencia, F. (2014). *Agroforesteria y sistemas agroforestales con café*. Caldas-Colombia : Manizales.
- Farfán Valencia , F. (2019). *Descripción de la estructura del dosel arbóreo al interior de un sistema agroforestal con café*. Cenicafe, 4,5,6,7. Caldas-Colombia.
- Farinango León, F. C. (2018). *Fijación de nitrógeno en nodulos de raíces de *Alnus nepalensis* D. Don en linderos a diferentes edades en la zona de Intag, Noroccidente del Ecuador*. Ibarra- Ecuador: UTN.
- FUNDESYRAM. (2008). *Arboles para generar sombra en los cafetales*. *Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental*, 20,21. Obtenido de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4591>
- Galindo Veliz , X. R. (2011). *Producción e Industrialización de Café Soluble caso: Solubless Instantáneos*. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Gilles de Pelichy, S. O. (2012). *Plan de manejo para un sistema agroforestal en el sitio Las Minas, departamento de El Paraiso*. Zamorano-Honduras.
- Gutiérrez Rojas, Y. L. (2015). *Ventajas y desventajas de cultivos de *Coffea arabica* L. Y *Theobroma cacao* L. bajo sistemas agroforestales*. Orellana-Ecuador: Universidad de la Amazonia.
- Gutierrez, Y. (2015). *Ventajas y Desventajas de Cultivos de *Coffea arabica* L. Y *Theobroma cacao* L. bajo sistemas agroforestales*. ResearchGate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/329340240_VENTAJAS_Y_DESVENTAJAS_DE_CULTIVOS_DE_Coffea_arabica_L_Y_Theobroma_cacao_L_BAJO_SISTEMAS_AGROFORESTALES
- Iglesias, J.M. 1999. Sistemas de producción agroforestales. Conceptos y definiciones. *Pastos y Forrajes*. 22(4):287

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP].(31 de octubre 2020). Café arábigo. <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/raguacate>.
- Joker, D. (2000). *Alnus nepalensis* D. Don. *Seed Leaflet*, 1-2.
- La Torre Moscoso, E. L. (2012). *Sistemas agroforestales en selva. Criterios de producción sostenible*. Lima: desco.
- Lashermes, P.; Combes, M.C.; Robert, J.; Trouslot, P.; D'Hont, A. ; An t h o n y, F. ; Charrier, A . 1 9 9 9 . *M o l e c u l a r characterisation and origin of the Coffea arabica L . genome*. *Molecular and General Genetics* 261:259-266.
- Lashermes, P.; Combes, M.C.; Trouslot, P.; Charrier, A. 1997. *Phylogenetic relationships of coffee tree species (Coffea L.) as inferred from ITS sequences of nuclear ribosomal DNA*. *Theoretical Applied Genetics* 94:947-955
- Leon Rosero, J. M. (10 de 20 de 2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD parroquial de 6 de julio de Cuellaje. PDOT Cuellaje*. Cotacachi, Imbabura, Ecuador.
- Llanco Andrade , J. E. (2014). *Tipologuia del manejo agronomico en el crecimiento, productividad y calidad fisica de cafe (CoffeaarabicaL. var. Catimor) en el valle de Santa Cruz, distrito de rio Tambo, provincia de Satipo y Region Junin*. Satipo-Perú: Huancayo.
- Mendieta López, M., & Rocha Molina, L. R. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibi, B. (2015). *Sistemas Agroforestales Funciones,Socioeconomicas y Ambientales* (402 ed.). (E. S. Florencia Montagnini, Ed.) Turriba-Cali, Colombia/Costa Rica: CIPAV. Recuperado el 2019, de https://www.researchgate.net/profile/Wendy_Francesconi/publication/29016385

2_Biodiversidad_y_conservacion_de_bosques_funciones_potenciales_de_los_sistemas_agroforestales/links/56af914408ae9f0ff7b2669d.pdf#page=12

Moguel, P. and Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*,

MONROIG, M. (28 de enero de 2021). *Manual de caficultura sostenible: (en línea)*. Obtenido de Manual de caficultura sostenible: (en línea): <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id53.htm>

Muschler, R. (2000). *Arboles en Cafetales Modulo de Enseñanza Agroforestal No5* Proyecto Agroforestal CATIE, Turriba, Costa Rica - compressed. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/333338233_Muschler_2000_Arboles_en_Cafetales_Modulo_de_Ensenanza_Agroforestal_No5_Proyecto_Agroforestal_CATIE-GTZ_-_compressed

Ocampo Zambrano, L. A. (2018). *Sostenibilidad del sistema silvopastoril con *alnus nepalensis* d. don en asocio con *Brachiaria decumbens* Stapf en la parroquia Peñaherrera, Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura*. Ibarra. Obtenido de <file:///D:/utn%20eve/carpeta%20de%20doc%20tesis/tesis%20relacionadas/TRABAJO-DE-TITULACION-LINIKER-OCAMPO.pdf>

Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Anthony, S. (2009). *Alnus nepalensis* D.Don. *Agroforestry Database 4.0*, 1-5.

Pérez Camargo, L. E., & Suárez Campos, L. A. (2011). *Evaluación del efecto sombra en la producción de café –Coffea arabica L. - dentro de un sistema agroforestal tradicional con árboles en Las Minas, El Paraíso, Honduras*. Zamorano-Honduras.

PROCAFE, S. (28 de enero de 2013). *(Fundación Salvadoreña para investigaciones de café)*. s.f. *Aspectos botánicos*. Obtenido de (Fundación Salvadoreña para

investigaciones de café). s.f. Aspectos botánicos.:
<http://www.procafe.com.sv/menú/Generalidades/AspectosBotanicos.htm>

Prodan, M., Peters, R., Cox, F., & Real, P. (1997). *Mensura Forestal* . San Jose-Costa Rica : II-GTZCA.

Ramirez, W. R. (1999). *Manejo de Sistemas Agroforestales* . Santo Domingo de los Colorados-Ecuador.

República del Ecuador Consejo Nacional de la Planificación, (. (2017). El Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021. Riobamba: SEMPLADES.

Rikolto en Latinoamérica. (2020). Café ecuatoriano, aromatizando la economía nacional. latinoamerica.rikolto.org.

Rojas Sanchez, A., Hartman Ulloa, K., & Almonacid Marquez, R. (2012). *The Impact of Coffee Production on Biodiversity, Landscape Transformation and Invasive Exotic Species*. En *Ambiente y Desarrollo XVI* (30); 93-104. Obtenido de <file:///C:/Users/JONATHAN/Downloads/Dialnet-ElImpactoDeLaProduccionDeCafeSobreLaBiodiversidadL-4021890.pdf>

SANCHEZ, P. A. 1995. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*. 30: 5–55. DOI: 10.1007/BF00708912.

Sánchez, M. D. (1995). *Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical*. Roma: Dirección de Producción y Sanidad Animal, FAO.

Santander Espinosa, J. A. (2012). *Percepción social sobre la resiliencia del sistema cafetal bajo sombra en tres localidades de la región cafetalera ciatepec del estado de Veracruz-llave (1980-2010)*. Veracruz-Mexico: El colegio de Veracruz.

Santelices Fierro, M. L. (2019). *Propuesta para crear una identidad cafetera en Las Tolas, a partir de la capacitación de la comunidad en la plantación de café y sus*

productos elaborados. Quito: USFQ. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8231/1/142500.pdf>

Somarriba , E. (2001). *Biodiversidade e os processos funcionais em sistemas agroflorestais. Sintesis de Sension.* Amazonia Oriental : congreso agroforestal Brasileiro EMBRAPA.

Somarriba, E. 2002a. *Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales.* Agroforestería en las Américas. 9 (35-36): 86-94.

Somarriba, E. (2004). *Como evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales.* Turrialba-Costa Rica : CATIE.

Somarriba , E. (1990). Que es Agroforesteria. *El Chasqui.* CATIE.

Sotomayor, I., & Duicela, G. L. (1993). Principales variedades: Manual del cultivo de café. Quevedo: EC. INIAP.

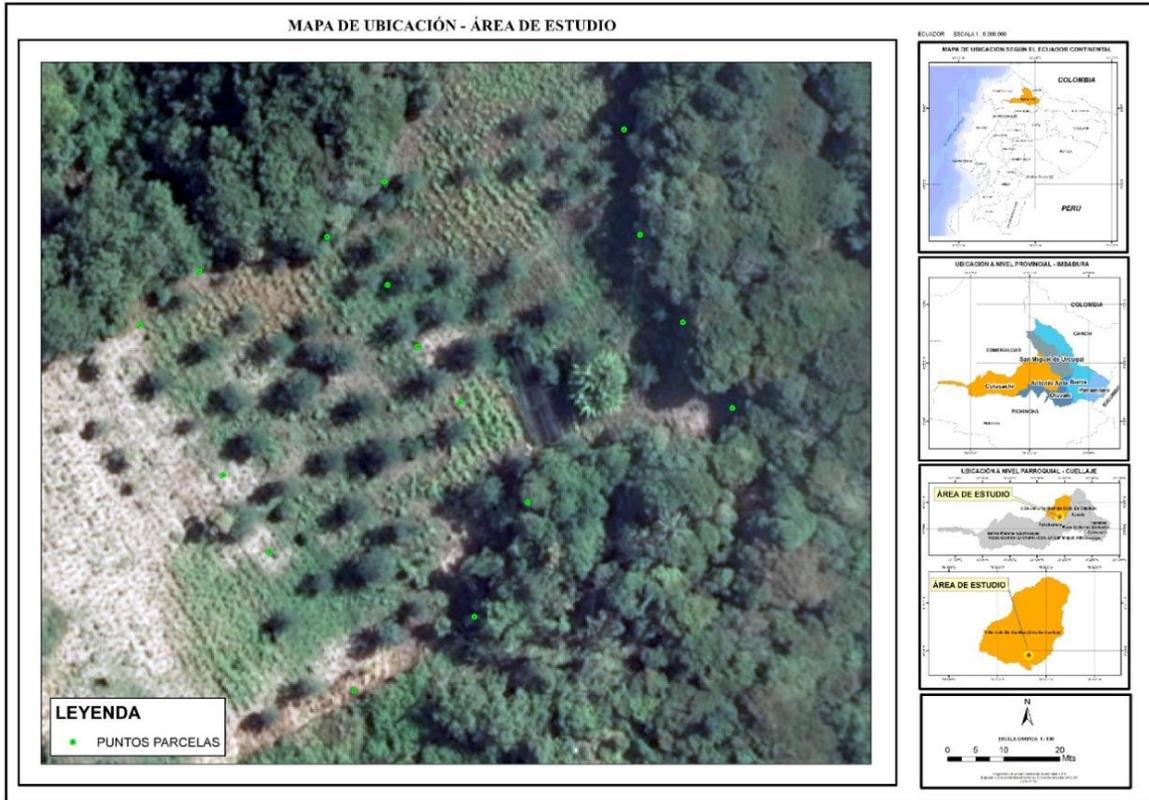
Suatunce Cunuhay, P. D. (30 de diciembre de 2009). Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*Coffea Arabica* L.) y en monocultivo en el litoral Ecuatoriano. Ciencia y Tecnología. Obtenido de <https://doi.org/https://doi.org/10.18779/cyt.v2i2.38>

Toledo, VM; Miguel, P. 2012. *Coffee and Sustainability: The Multiple Values of Traditional Shaded Coffee.* Journal of Sustainable Agriculture 36(3):353-377.

ANEXOS

Anexo 1.

Mapa de ubicación del área de estudio en la Zona de Intag-Cuellaje.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 2.

Hoja de campo.

HOJA DE CAMPO

Fecha:

Parcela:

Coordenadas:

Parcela	Árbol	Día	Hora	Norte	Sur	Este	Oeste
P1	A1	D1	8	4,50	3,60	4,60	4,40
P1	A1	D1	12	2,20	3,60	2,00	3,50
P1	A1	D1	16	0,80	1,50	0,00	0,00
P1	A1	D2	8	3,20	3,10	4,00	3,00
P1	A1	D2	12	2,00	3,60	2,00	3,50
P1	A1	D2	16	1,00	1,50	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Anexo 3.

Estadística descriptiva de *A. nepalensis*.

Parcela	Estadístico	Altura	Copa 1	Copa 2	área de copa	Cir	DAP
P1	n	7	7	7	7	7	7
P1	Media	21,71	6,77	6,13	67,35	1,7	0,54
P1	D.E.	1,25	1,44	1,2	26,95	0,35	0,11
P1	E.E.	0,47	0,55	0,45	10,19	0,13	0,04
P1	CV	5,77	21,33	19,62	40,01	20,74	20,74
P1	Mín	20	4,9	4,5	34,64	1,18	0,38
P1	Máx	24	9,1	8,1	115,78	2,2	0,7
P1	Suma	152	47,4	42,9	471,44	11,9	3,79
P2	n	6	6	6	6	6	6
P2	Media	22,83	7,73	7,83	95,63	1,75	0,56
P2	D.E.	0,75	0,95	1,03	19,02	0,32	0,1
P2	E.E.	0,31	0,39	0,42	7,76	0,13	0,04
P2	CV	3,3	12,29	13,14	19,88	18,03	18,03
P2	Mín	22	6,1	6,5	62,28	1,35	0,43
P2	Máx	24	8,6	9	115,93	2,28	0,73
P2	Suma	137	46,4	47	573,77	10,53	3,35
P3	n	6	6	6	6	6	6
P3	Media	22,5	7,95	7,97	99,63	1,7	0,54
P3	D.E.	1,05	0,93	1,38	20,7	0,2	0,06
P3	E.E.	0,43	0,38	0,56	8,45	0,08	0,03
P3	CV	4,66	11,72	17,28	20,78	11,58	11,58
P3	Mín	21	6,7	6	65,03	1,4	0,45
P3	Máx	24	9	9,6	123,65	2	0,64
P3	Suma	135	47,71	47,8	597,8	10,21	3,25
P4	n	9	9	9	9	9	9
P4	Media	22,67	7,09	7,33	89,65	1,66	0,53
P4	D.E.	1,32	3,12	2,3	72,33	0,23	0,07
P4	E.E.	0,44	1,04	0,77	24,11	0,08	0,02
P4	CV	5,84	44,01	31,3	80,67	14,02	14,02
P4	Mín	20	3,1	4,2	29,69	1,31	0,42
P4	Máx	24	14,2	12	267,66	1,97	0,63
P4	Suma	204	63,8	66	806,89	14,91	4,75

Fuente: elaboración propia.

Anexo 4.

Estadística descriptiva de las variables dasométricas de café:

Parcela	Resumen	Planta	Altura (m)	Circunferencia (cm)	D1	D2	Edad
P1	n	204	204	204	204	204	204
P1	Media	102,5	2,58	0,17	1,32	1,8	7,09
P1	D.E.	59,03	0,95	0,1	0,49	0,5	1,16
P1	E.E.	4,13	0,07	0,01	0,03	0,04	0,08
P1	CV	57,59	36,98	58,64	37,25	27,93	16,3
P1	Mín	1	0,6	0,1	0,44	0,7	5
P1	Máx	204	4,2	0,9	2,7	2,98	8
P1	Suma	20910	525,3	35,53	269,95	367,63	1447
P2	n	263	263	263	263	263	263
P2	Media	132	2,04	0,16	1,05	1,66	6,7
P2	D.E.	76,07	0,65	0,1	0,35	0,51	1,34
P2	E.E.	4,69	0,04	0,01	0,02	0,03	0,08
P2	CV	57,63	32,06	61,36	33,75	30,94	20
P2	Mín	1	0,8	0,1	0,4	0,21	5
P2	Máx	263	4	0,9	2,3	2,98	8
P2	Suma	34716	537,05	42,51	276,57	437,62	1761
P3	n	245	245	245	245	245	245
P3	Media	123	2,37	0,18	1,2	1,77	6,92
P3	D.E.	70,87	0,86	0,04	0,48	0,55	1,27
P3	E.E.	4,53	0,06	0	0,03	0,04	0,08
P3	CV	57,62	36,36	22,72	39,52	31,22	18,42
P3	Mín	1	0,6	0,07	0,32	0,35	5
P3	Máx	245	4,1	0,32	2,6	2,98	8
P3	Suma	30135	581,34	43,73	294,93	432,63	1695
P4	n	254	254	254	254	254	254
P4	Media	127,5	2,51	0,16	1,27	1,82	6,87
P4	D.E.	73,47	0,94	0,04	0,48	0,59	1,29
P4	E.E.	4,61	0,06	0	0,03	0,04	0,08
P4	CV	57,62	37,48	24,87	37,5	32,5	18,83
P4	Mín	1	1	0,08	0,14	0,15	5
P4	Máx	254	4,2	0,25	2,5	2,98	8
P4	Suma	32385	638,35	40,49	321,96	461,24	1746

Fuente: elaboración propia.

Anexo 5.

Prueba de t Student para *A. nepalensis*

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media(1)	Media(2)	T	p-valor	sig.
Altura(m)	{borbon amarillo}	{caba}	2,44	2,26	0,43	0,6677	ns
	{borbon amarillo}	{catucay amarillo}	2,44	2,62	-	0,7548	ns
	{borbon amarillo}	{caturra}	2,44	2,4	0,1	0,9186	ns
	{borbon amarillo}	{colombia intag}	2,44	3,41	-	0,0826	ns
	{borbon amarillo}	{costa rica}	2,44	2,62	-	0,6981	ns
	{borbon amarillo}	{etiopia}	2,44	2,28	0,42	0,6719	ns
	{borbon amarillo}	{tipica mejorada}	2,44	2,27	0,44	0,6603	ns
	{caba}	{catucay amarillo}	2,26	2,62	-	0,2185	ns
	{caba}	{caturra}	2,26	2,4	-	0,1976	ns
	{caba}	{colombia intag}	2,26	3,41	-	<0.0001	**
	{caba}	{costa rica}	2,26	2,62	-	0,1502	ns
	{caba}	{etiopia}	2,26	2,28	-	0,8330	ns
	{caba}	{tipica mejorada}	2,26	2,27	-	0,9017	ns
	{catucay amarillo}	{caturra}	2,62	2,4	0,85	0,3948	ns
	{catucay amarillo}	{colombia intag}	2,62	3,41	-	0,1029	ns
	{catucay amarillo}	{costa rica}	2,62	2,62	0	0,9991	ns
	{catucay amarillo}	{etiopia}	2,62	2,28	1,34	0,1821	ns
	{catucay amarillo}	{tipica mejorada}	2,62	2,27	1,37	0,1727	ns
	{caturra}	{colombia intag}	2,4	3,41	-	0,0014	**
	{caturra}	{costa rica}	2,4	2,62	-	0,3239	ns
	{caturra}	{etiopia}	2,4	2,28	1,34	0,1819	ns
	{caturra}	{tipica mejorada}	2,4	2,27	1,75	0,0802	ns
	{colombia intag}	{costa rica}	3,41	2,62	2,11	0,0469	*
	{colombia intag}	{etiopia}	3,41	2,28	3,84	0,0002	**
	{colombia intag}	{tipica mejorada}	3,41	2,27	3,75	0,0002	**
	{costa rica}	{etiopia}	2,62	2,28	1,57	0,1196	ns

Área de copa (m)	{costa rica}	{tipica mejorada}	2,62	2,27	1,59	0,1130	ns
	{etiopia}	{tipica mejorada}	2,28	2,27	0,12	0,9017	ns
	{borbon amarillo}	{caba}	1,13	1,11	0,11	0,9130	ns
	{borbon amarillo}	{catucay amarillo}	1,13	1,26	-	0,5405	ns
	{borbon amarillo}	{caturra}	1,13	1,18	-	0,7418	ns
	{borbon amarillo}	{colombia intag}	1,13	1,53	-	0,0776	ns
	{borbon amarillo}	{costa rica}	1,13	1,22	-	0,5521	ns
	{borbon amarillo}	{etiopia}	1,13	1,13	-	0,9612	ns
	{borbon amarillo}	{tipica mejorada}	1,13	1,13	-	0,9678	ns
	{caba}	{catucay amarillo}	1,11	1,26	-	0,2061	ns
	{caba}	{caturra}	1,11	1,18	-1,6	0,1099	ns
	{caba}	{colombia intag}	1,11	1,53	-2,9	0,0048	**
	{caba}	{costa rica}	1,11	1,22	-	0,2835	ns
	{caba}	{etiopia}	1,11	1,13	-0,5	0,6182	ns
	{caba}	{tipica mejorada}	1,11	1,13	-0,5	0,6171	ns
	{catucay amarillo}	{caturra}	1,26	1,18	0,77	0,4430	ns
	{catucay amarillo}	{colombia intag}	1,26	1,53	-	0,2132	ns
	{catucay amarillo}	{costa rica}	1,26	1,22	0,31	0,7554	ns
	{catucay amarillo}	{etiopia}	1,26	1,13	1,16	0,2477	ns
	{catucay amarillo}	{tipica mejorada}	1,26	1,13	1,14	0,2564	ns
	{caturra}	{colombia intag}	1,18	1,53	-	0,0092	**
	{caturra}	{costa rica}	1,18	1,22	-0,4	0,6892	ns
	{caturra}	{etiopia}	1,18	1,13	1,27	0,2042	ns
	{caturra}	{tipica mejorada}	1,18	1,13	1,53	0,1263	ns
	{colombia intag}	{costa rica}	1,53	1,22	2,04	0,0530	ns
	{colombia intag}	{etiopia}	1,53	1,13	2,95	0,0038	**
	{colombia intag}	{tipica mejorada}	1,53	1,13	2,84	0,0050	**
	{costa rica}	{etiopia}	1,22	1,13	0,89	0,3756	ns
	{costa rica}	{tipica mejorada}	1,22	1,13	0,87	0,3875	ns
	{etiopia}	{tipica mejorada}	1,13	1,13	0,02	0,9814	ns

Fuente: elaboración propia.

Anexo 6.

Estadística descriptiva de tipos de café.

Tipo de café	Resumen	Altura (m)	Circunferencia (cm)	D1	D2	Edad
Borbón amarillo	N	5	5	5	5	5
Borbón amarillo	Media	2,44	0,16	1,06	1,81	6
Borbón amarillo	D.E.	0,97	0,04	0,12	0,52	0
Borbón amarillo	E.E.	0,43	0,02	0,05	0,23	0
Borbón amarillo	CV	39,8	23,06	11,42	28,74	0
Borbón amarillo	Mín	1,8	0,14	0,89	1,44	6
Borbón amarillo	Máx	4,1	0,23	1,2	2,69	6
Borbón amarillo	Suma	12,2	0,82	5,31	9,03	30
Caba	N	74	74	74	74	74
Caba	Media	2,26	0,17	1,14	1,68	6
Caba	D.E.	0,92	0,08	0,48	0,56	0
Caba	E.E.	0,11	0,01	0,06	0,07	0
Caba	CV	40,65	48,79	42,01	33,41	0
Caba	Mín	0,75	0,1	0,44	0,15	6
Caba	Máx	4,2	0,8	2,16	2,78	6
Caba	Suma	167	12,66	84,5	124,12	444
catucay amarillo	N	12	12	12	12	12
catucay amarillo	Media	2,62	0,2	1,32	1,9	5
catucay amarillo	D.E.	1,1	0,05	0,55	0,64	0
catucay amarillo	E.E.	0,32	0,01	0,16	0,18	0
catucay amarillo	CV	42,01	23,19	41,9	33,68	0
catucay amarillo	Mín	1,1	0,11	0,45	0,8	5
catucay amarillo	Máx	4,2	0,25	2,16	2,9	5
catucay amarillo	Suma	31,45	2,34	15,85	22,77	60
Caturra	N	530	530	530	530	530
Caturra	Media	2,4	0,17	1,23	1,78	8
Caturra	D.E.	0,89	0,08	0,46	0,53	0
Caturra	E.E.	0,04	0	0,02	0,02	0
Caturra	CV	36,94	47,74	37,78	29,99	0
Caturra	Mín	0,6	0,08	0,14	0,21	8
Caturra	Máx	4,2	0,9	2,7	2,98	8
Caturra	Suma	1271,6	90,66	652,25	941,38	4240
colombia intag	N	8	8	8	8	8
colombia intag	Media	3,41	0,18	1,67	2,22	6
colombia intag	D.E.	0,85	0,05	0,51	0,57	0
colombia intag	E.E.	0,3	0,02	0,18	0,2	0
colombia intag	CV	24,79	26,55	30,38	25,92	0
colombia intag	Mín	1,7	0,12	0,86	1,35	6
colombia intag	Máx	4,2	0,23	2,16	2,98	6
colombia intag	Suma	27,3	1,42	13,33	17,74	48
costa rica	N	16	16	16	16	16
costa rica	Media	2,62	0,17	1,22	1,89	6
costa rica	D.E.	0,88	0,03	0,37	0,48	0
costa rica	E.E.	0,22	0,01	0,09	0,12	0
costa rica	CV	33,5	16,67	30,34	25,45	0
costa rica	Mín	1,5	0,12	0,51	1,1	6
costa rica	Máx	4,2	0,22	1,89	2,55	6
costa rica	Suma	41,94	2,68	19,46	30,17	96
Etiopia	N	124	124	124	124	124
Etiopia	Media	2,28	0,16	1,14	1,75	6,02
Etiopia	D.E.	0,8	0,08	0,42	0,54	0,18

Etiopia	E.E.	0,07	0,01	0,04	0,05	0,02
Etiopia	CV	35,24	47,53	36,8	30,94	2,99
etiopia	Mín	0,6	0,07	0,33	0,66	6
etiopia	Máx	4,1	0,9	2,5	2,98	8
etiopia	Suma	283,1	20,01	141,76	216,38	746
tipica mejorada	N	197	197	197	197	197
tipica mejorada	Media	2,27	0,16	1,17	1,71	5
tipica mejorada	D.E.	0,84	0,06	0,46	0,57	0
tipica mejorada	E.E.	0,06	0	0,03	0,04	0
tipica mejorada	CV	37,13	37,44	39,15	33,17	0
tipica mejorada	Mín	0,8	0,1	0,4	0,25	5
tipica mejorada	Máx	4,2	0,8	2,44	2,93	5
tipica mejorada	Suma	447,45	31,67	230,95	337,53	985

Fuente: elaboración propia.

Anexo 7.

Estadística descriptiva de origen del café.

Origen	Resumen	Altura (m)	Circunferencia (cm)	D1	D2	Edad
Africa	N	124	124	124	124	124
Africa	Media	2,28	0,16	1,14	1,75	6,02
Africa	D.E.	0,8	0,08	0,42	0,54	0,18
Africa	E.E.	0,07	0,01	0,04	0,05	0,02
Africa	CV	35,24	47,53	36,8	30,94	2,99
Africa	Mín	0,6	0,07	0,33	0,66	6
Africa	Máx	4,1	0,9	2,5	2,98	8
Africa	Suma	283,1	20,01	141,76	216,38	746
Brazil	N	542	542	542	542	542
Brazil	Media	2,4	0,17	1,23	1,78	7,93
Brazil	D.E.	0,89	0,08	0,47	0,53	0,44
Brazil	E.E.	0,04	0	0,02	0,02	0,02
Brazil	CV	37,06	47,26	37,86	30,07	5,57
Brazil	Mín	0,6	0,08	0,14	0,21	5
Brazil	Máx	4,2	0,9	2,7	2,98	8
Brazil	Suma	1303,05	93	668,1	964,15	4300
Colombia	N	8	8	8	8	8
Colombia	Media	3,41	0,18	1,67	2,22	6
Colombia	D.E.	0,85	0,05	0,51	0,57	0
Colombia	E.E.	0,3	0,02	0,18	0,2	0
Colombia	CV	24,79	26,55	30,38	25,92	0
Colombia	Mín	1,7	0,12	0,86	1,35	6
Colombia	Máx	4,2	0,23	2,16	2,98	6
Colombia	Suma	27,3	1,42	13,33	17,74	48
Costa_Rica	N	213	213	213	213	213
Costa_Rica	Media	2,3	0,16	1,18	1,73	5,08
Costa_Rica	D.E.	0,85	0,06	0,45	0,56	0,26
Costa_Rica	E.E.	0,06	0	0,03	0,04	0,02
Costa_Rica	CV	36,95	36,2	38,47	32,61	5,21
Costa_Rica	Mín	0,8	0,1	0,4	0,25	5
Costa_Rica	Máx	4,2	0,8	2,44	2,93	6
Costa_Rica	Suma	489,39	34,35	250,41	367,7	1081
Ecuador	N	5	5	5	5	5
Ecuador	Media	2,44	0,16	1,06	1,81	6
Ecuador	D.E.	0,97	0,04	0,12	0,52	0
Ecuador	E.E.	0,43	0,02	0,05	0,23	0
Ecuador	CV	39,8	23,06	11,42	28,74	0
Ecuador	Mín	1,8	0,14	0,89	1,44	6
Ecuador	Máx	4,1	0,23	1,2	2,69	6
Ecuador	Suma	12,2	0,82	5,31	9,03	30
Indonesia	N	74	74	74	74	74
Indonesia	Media	2,26	0,17	1,14	1,68	6
Indonesia	D.E.	0,92	0,08	0,48	0,56	0
Indonesia	E.E.	0,11	0,01	0,06	0,07	0
Indonesia	CV	40,65	48,79	42,01	33,41	0
Indonesia	Mín	0,75	0,1	0,44	0,15	6
Indonesia	Máx	4,2	0,8	2,16	2,78	6
Indonesia	Suma	167	12,66	84,5	124,12	444

Fuente: elaboración propia.

Anexo 8.

Estadística descriptiva de Alnus nepalensis para velocidad de sombra.

Parcela	Árbol	Velocidad de avance(m)				Velocidad de retroceso(m)			
		Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste
P1	A1		0,075		0,1583	-0,3771	-0,52	-0,519	-0,6944
P1	A2	0,259	0,109	0,249	0,275	-0,4271	-0,39	-0,462	-0,3761
P1	A3	0,117	0,172	0,933	0,1542	-0,4896	-0,24	-0,967	-0,7958
P1	A4	0,16	0,293	0,558	0,2813	-0,2229	-0,33	-0,475	-0,5417
P1	A5	0	0,17	0,446		-0,1063	-0,13		-1,9975
P1	A6	0,063	0	0,263		-0,0438	-0,14		-1,3458
P1	A7	0,077	0,5			-0,0771			-0,5792
P2	A1	0,088	0,229	0,513	0,055	-0,5083	-0,48	-1,017	-0,4946
P2	A2	0,135	0,258	0,763	0,025	-0,3142	-0,4	-0,779	-0,5813
P2	A3	0,1		0,881	0,1229	-0,1175	-0,14	-0,877	-0,6271
P2	A4	0,038	0,767	0,145	0,2479	-0,1982	-0,4	-0,193	-0,7021
P2	A5	0,219	0,25	0,644					-0,5875
P2	A6	0,369	0,158	0,381			-0,04		-1,2875
P3	A1	0,342	0,908	0,342	0,3458	-0,5208	-0,4	-0,817	-0,7583
P3	A2	0,31	0,09	0,513		-1,8375	-0,12	-1,025	-0,8568
P3	A3	0,091		0,952		-0,2578	-0,19	-1,192	-0,7656
P3	A4		0,234	0,642	0,0875	-0,2521	-0,2	-0,548	-0,2284
P3	A5	0,475	0,535	0,613					-1,5729
P3	A6	0	0,942	0,284	0,225	-0,125			-0,325
P4	A1	0,075	0,131	0,506	0,1667	-0,1663	-0,29	-0,417	-0,7667
P4	A2	0	0,102	0,425		-0,3167	-0,33	-1,033	-0,6531
P4	A3	0,188	0,008	0,483		-0,2375	-0,09	-0,842	-0,2646
P4	A4	0,26	0	0,121		-0,4143	-0,14	-0,692	-0,5623
P4	A5	0,342	0,285					-0,466	-0,4083
P4	A6		0	0	1,315	-0,1017	-0,03	-0,04	
P4	A7	0,221	0,033	0,242			-0,16		-1,3
P4	A8	0,06				-0,37	-0,51	-0,28	-0,7633
P4	A9	0,033		0,123			-0,17		-1,4

Fuente: elaboración propia.

Anexo 9.

Presentación en Power Point para la socialización.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA DE *Coffea arabica* EN ASOCIO CON *Alnus nepalensis* D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE JULIO DE CUELLAJE, NORTE DEL ECUADOR.

Autor: Evelyn Maribel Valles Cisneros.
 Director: Mgs. Mario José Abazco Romero, PhD.

Objetivo

General: Contribuir con una propuesta de manejo de sombra del sistema agrosilvícola de *Coffea arabica* (café) en asoció con *Alnus nepalensis* D. Don. (alisó).

Objetivos específicos

Analizar

- el tipo de sombra, auto sombra y la distribución espacial del sistema agrosilvícola de *Coffea arabica* (café) en asoció con *Alnus nepalensis* D. Don. (alisó).

Relacionar

- la altura de copa del árbol y la velocidad de transito de la copa sobre el suelo..

Objetivos específicos

Definir

- técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra y socializar con los habitantes de la Parroquia Seis de Julio de Cuellaje.

Metodología

Delimitación del área de estudio

$$n = \frac{t^2 S^2}{E^2} \quad n_0 = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}}$$

35 árboles en la superficie de 8330 m² se aplicó la ecuación del tamaño de muestra y tamaño de muestra ajustado

Metodología

Analizar el tipo de sombra, auto sombra y la distribución espacial del sistema agrosilvícola de *Coffea arabica* (café) en asoció con *Alnus nepalensis* D. Don. (Aliso).

Desarrollo del tipo de sombra y distribución espacial.

Desarrollo de la Auto Sombra.

Metodología

Se codifican cada uno de los árboles que se encuentran dentro de la parcela

Se toma datos dasométricos

Se realiza un croquis en campo de la distribución de los arboles para con estos graficar

la distribución de la sombra se hace en función al área de las parcelas con el porcentaje de sombra total por parcela, identificando el tipo de sombra realizando una figura donde se identifique

Marcarción con pintura roja y se tomaron los datos dasométricos como Dap, altura total, diámetro de copa

$$D_{ap} = \frac{CAP}{\pi} \quad D. \text{ copa} = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

Posterior a este se realizan los cálculos de área de copa, Cobertura de copa en la parcela, Porcentaje de área de copa, Porcentaje de sombra

$$AC = \frac{\pi(D_c)^2}{4} \quad ATc = \sum(AC1 + AC2 + AC3 + \dots + ACn \dots)$$

$$Pc = \frac{AP}{ATc} \quad \% \text{ sombra} = (N) \times (Pc) \times (Dc)^2$$

Metodología

Es necesario medir las siguientes variables de los cafetos, Altura total de la planta, Ancho de copa, Diámetro de tallo, y se calcula Área de copa, Cobertura de copa total del cafeto, % de área de sombra, y Porcentaje de sombra existente en el sistema:

Análisis estadístico: con una estadística descriptiva

Media, desviación estándar de la media, error estándar de la media, coeficiente de variación y análisis de correlación.

$$t_0 = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$$r = \frac{C_{xy}}{\sqrt{S_x^2 \times S_y^2}}$$

$$\hat{y} = b_0 + b_1x + \epsilon$$

Metodología

Estadísticos

- Se realizó, comparaciones entre, variable independiente la altura de copa de los árboles y variables dependientes velocidad de transito de la sombra, con estimadores estadísticos como media, desviación estándar, Coeficiente de variación, Error estándar de la media.

Prueba de hipótesis

Análisis de correlación:

Metodología

Relacionar la altura de copa del árbol y la velocidad de tránsito de la copa sobre el suelo

Se orienta la parcela y se mide la proyección de la sombra en el suelo tanto Norte, Sur, Este, Oeste y se identifican aspectos influyentes como vegetación, pendiente entre otras.

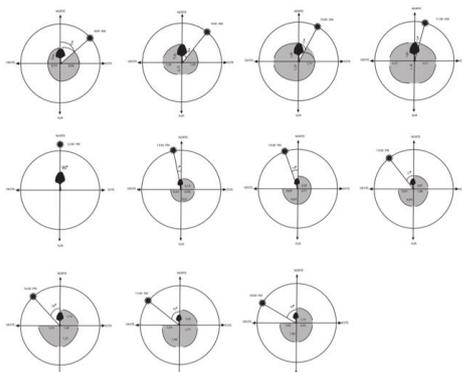
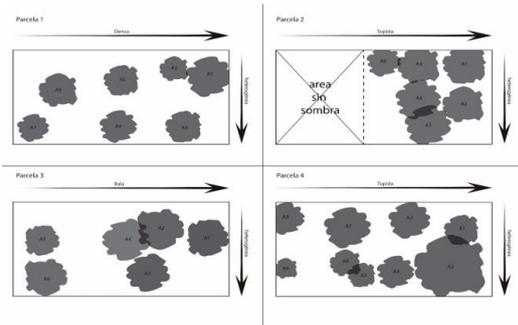
Seguimiento de tres meses 2 días por mes de Agosto- Octubre del 2019 en un horario de 8:00 hasta las 18:00
Los meses señalados son escogidos ya que son los de mayor radiación solar en el año

Metodología

Definir técnicas de intervención silvicultural para el manejo óptimo de la sombra y socializar con los habitantes de la Parroquia Seis de Julio de Cuellaje

Para este objetivo se tomó las referencias de las técnicas silviculturales descritas por La Torre, (2012) y Escarraman, (2018) sobre el manejo de los cafetales bajo sombra, las cuales fueron expuestas en un folleto y materiales visuales.

El folleto se realizó en el programa de Microsoft Publisher, el contenido de este se describe a continuación:
Primera carilla se expone el tema a informar (Manejo Agroforestal del café), se define también que es un sistema y manejo agroforestal y cuáles son sus beneficios en el campo.
Segunda carilla, se describe una breve introducción del origen, taxonomía e importancia en la Zona de Intag de la especie *Coffea arabica*.
Tercera y Cuarta carilla, se explica las técnicas de Manejo del Café bajo Sombra con imágenes representativas de cada técnica.
Quinta carilla, se habla del porcentaje óptimo que debe recibir un sistema agroforestal de café, los beneficios al producir *Coffea arabica* bajo sombra y cuáles son los tipos de sombra en un sistema agroforestal de café.
Sexta carilla, se presenta de manera rápida los beneficios obtenidos en esta investigación realizada.
Presentación se realizó en el programa PowerPoint 2016 impartiendo la información del proceso y resultados de esta investigación y de Manejo silvicultural de café bajo sombra de (La Torre, 2012)



Anexo 10. Certificado.

Resultados

Variables dasométricas de *A. nepalensis*.

Objetivo 1:

Parcela	N	Altura	área de copa	Dap
P1	7	21,71	87,35	0,54
P2	6	22,83	99,63	0,56
P3	6	22,5	99,63	0,54
P4	9	22,67	89,65	0,53

Resumen	Altura	Área de copa	Dap
N	28	28	28
Media	22,43	87,5	0,54
D.E.	1,17	44,85	0,08
E.E.	0,22	8,48	0,02
CV	5,21	51,26	15,65
Min	20	29,69	0,38
Máx	24	267,66	0,73
Suma	628	2449,9	15,14

Porcentaje de sombra

Parcela	Áreas de copa		Área parcela	Porcentaje de sombra
	Café	Aliso		
P1	53,324	29,583	800	82,908
P2	51,828	36,014	800	87,842
P3	58,722	37,678	800	96,401
P4	65,724	49,283	800	115,007
Media	56,023	36,846	3200	92,1

Objetivo2:

Velocidad de Tránsito m/h

Parcela	Velocidad de avance (m)				Velocidad de retroceso (m)			
	Norte	Sur	Este	Oeste	Norte	Sur	Este	Oeste
P1	0.13	0.22	0.49	0.21	-0.29	-0.33	-0.59	-0.84
P2	0.16	0.35	0.54	0.12	-0.29	-0.29	-0.74	-0.70
P3	0.31	0.58	0.56	0.24	-0.54	-0.22	-0.90	-0.75
P4	0.18	0.11	0.28	0.74	-0.26	-0.22	-0.61	-0.69
Media	0.19	0.31	0.46	0.29	-0.34	-0.26	-0.69	-0.74

Edmundo Varela

Propietario del área de estudio en el sector San Alberto, Cuellaje.

CERTIFICA

Que: la señorita Evelyn Maribel Valles Cisneros, C.C. 100381674-9, estudiante de la universidad Técnica del Norte de la carrera de ingeniería Forestal, realizo su estudio de titulación en mi propiedad en la Zona de Intag en la parroquia de Cuellaje, denominado: **DETERMINAR EL NIVEL DE SOMBRA de *Coffea arabica* EN ASOCIO CON *Alnus nepalensis* D. Don. EN LA PARROQUIA SEIS DE JULIO DE CUELLAJE, NORTE DEL ECUADOR**; se **CERTIFICA** que dicha investigación **fue realizada y los resultados socializados.**

Particular que informo para los fines pertinentes.

Cuellaje, 03 de noviembre del 2020

Atentamente,