



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**“COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN UN
SISTEMA AGROFORESTAL ESTABLECIDO, EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA,
IMBABURA”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA:

Molina Espinoza Dilma Aurora

DIRECTOR:

Ing. Carlos Arcos U. Mgs.

Ibarra, julio de 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra - Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ibarra 30 de Julio del 2020

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: **“COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL ESTABLECIDO, EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, IMBABURA”**, de autoría de la señorita Molina Espinoza Dilma Aurora estudiante de la Carrera de la carrera Ingeniería Agropecuaria, el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que la autora ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

MSc. Carlos Arcos U.
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

MSc. Hugo Vallejos
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Fernando Basantes
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

MSc. Ima Sánchez
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Misión Institucional:
Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



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, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA :	100364830-8
NOMBRES Y APELLIDOS:	Molina Espinoza Dilma Aurora
DIRECCIÓN:	La Esperanza
EMAIL:	dilmau22@gmail.com
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	0991360695

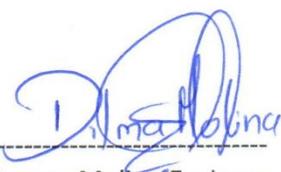
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i>) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL ESTABLECIDO, EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, IMBABURA”
AUTOR:	Molina Espinoza Dilma Aurora
FECHA:	31/07/2020
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
DIRECTOR:	Ing. Carlos Arcos U. Mgs.

2. CONSTANCIAS

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, a los 31 días del mes de julio de 2020

EL AUTOR:

Firma 
Dilma Aurora Molina Espinoza

Agradecimiento

Agradezco principalmente a mis padres, mis hermanos, mis cuñados y mis sobrinos que quienes estuvieron en toda la etapa académica, a pesar de la distancia brindándome cariño, amor y sobre todo apoyo incondicional, para llegar al objetivo de culminar exitosamente.

A mi amiga y hermana Mariela Pinto quien estuvo constantemente como mi familia, siendo un ejemplo de lucha, de superación y sobre todo inculcándome los valores éticos que se aplica en la vida.

A la Universidad Técnica del Norte que en las aulas de la carrera de Ingeniería agropecuaria, me permitió formarme y culminar mis estudios universitarios.

A mis docentes de investigación: el Ing. Carlos Arcos como director creyó en el presente estudio y me motivó a seguir el tema investigativo, de la misma forma agradezco a mis asesores de investigación, Ing. Hugo Vallejo, Ing. Fernando Basantes y Lic. Ima Sánchez, quienes fueron mi guía y me brindaron los conocimientos técnicos idóneos para desarrollar la presente investigación.

A los señores propietarios del área de la finca cafetalera, Cecilia Vallejos y Eduardo Cevallos por abrirme las puertas, y así permitirme realizar el estudio respectivo.

A todos mis amigos que hemos compartido experiencias inolvidables de la vida estudiantil, especialmente a Paola, Alfredo, José Luis, Oscar, Diego, Gaby, Edwin, Maritza, quienes han estado en los buenos y malos momentos brindando apoyo o ánimo de aliento para superar todo obstáculo que se interpuso a lo largo del ciclo universitario.

Dilma Molina E.

Dedicatoria

A Dios por salud y vida que me ha brindado, así poder culminar uno de mis más anhelados sueños.

Con mucho amor este presente estudio a mis padres: Rafael Molina y Juanita Espinoza quienes estuvieron día a día brindándome valores fundamentales para seguir adelante y ser una persona del bien.

A mis hermanos: Consuelo, Marco, Mirian, Edwin, Andrés, Claudia y Genoveva, quienes me motivaron en los altibajos de la vida, mediante palabra de aliento de seguir y luchar por el sueño anhelado.

A mis cuñados Reinaldo y Aida que siempre están pendientes brindándome cariño y apoyo incondicional.

Dilma Molina E

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VI
ABSTRAC.....	XI
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema de investigación.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Hipótesis.....	4
CAPITULO II.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ¿Qué son sistemas agroforestales?.....	5
2.2. Clasificación de sistemas agroforestales.....	5
2.3. Interacciones agroforestales.....	6
2.4. El café dentro de los sistemas agroforestales.....	7
2.5. Importancia de la sombra en los cultivos del café.....	7
2.6. Tipos de sombra en los sistemas agroforestales.....	8
2.6.1. Sombra provisional o transitoria.....	8
2.6.2. Sombra definitiva o permanente.....	9
2.7. Ejemplos de cultivos perennes con árboles de sombra permanente.....	10
2.8. La sombra y la fotosíntesis dentro del café.....	10
2.9. La leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i> [Lam.] de Wit.) en un sistema agroforestal.....	11
2.10. El plátano (<i>Musa</i> sp.) en Sistema Agroforestal.....	11
2.11. Café (<i>Coffea arabica</i> L.).....	12
2.12. Efecto de la sombra en el café bajo sistemas agroforestales.....	12

2.13. Taxonomía y descripción botánica del café	13
2.14. Descripción botánica del <i>Coffea arabica</i> L.	13
2.15. Condiciones Edafo - climáticos del cultivo del café	14
2.15.1.Suelo.....	15
2.15.2 Altitud.....	15
2.15.3 Temperatura.....	15
2.15.4 Precipitación.....	15
2.15.5 Humedad relativa.....	16
2.15.6 Luminosidad.....	16
2.16. Principales plagas del café.....	16
2.16.1.Broca del fruto (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari).....	16
2.17. Principal enfermedad del café	17
2.17.1.Roya (<i>Hemileia vastratrix</i> Berk. & Br.).....	17
2.18 Rentabilidad del café bajo sistemas agroforestales	19
2.19 Marco legal	19
2.19.1.Plan nacional de Desarrollo 2017 – 2021. Toda una vida	19
CAPITULO III	22
MARCO METODOLÓGICO	22
3.1. Descripción del área de estudio.....	22
3.2. Características climáticas	23
3.3. Materiales	23
3.4. Metodología.....	24
3.4.1. Factores en estudio.....	24
3.4.2. Diseño experimental.....	24
3.4.3. Características del experimento.....	24
3.5. Análisis estadístico	26
3.6. Variables evaluadas	26
3.6.1. Interacciones agroforestales.....	26
3.6.2. Producción de los granos de cerezo por SAF.....	29
3.6.3. Relación beneficio – costo.....	29
CAPÍTULO IV	30

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Interacciones agroforestales	30
4.1.1. Luminosidad.....	30
4.1.2. Incidencias de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br.) en las plantas del café.....	32
4.1.3. Porcentaje de la severidad de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br.).....	37
4.1.4. Incidencia de la broca (<i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari).....	40
4.1.5. Altura de planta de Leucaena y Plátano.....	42
4.1.6. Diámetro de copa de las especies de leucaena y plátano.....	44
4.1.7. Altura de las plantas de café.....	46
4.1.8. Diámetro de copa de las plantas del café.....	48
4.2 Producción.....	50
4.2.1. Número de ramas productivas.....	50
4.2.2. Número de nudos por rama.....	52
4.2.3. Producción de café.....	55
4.3 Análisis económico	57
CAPITULO V	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1 Conclusiones.....	60
5.2 Recomendaciones	61
CAPITULO VI	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA	62
CAPITULO VII.....	68
ANEXOS	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Combinación agroforestal de plátano y café.....	5
Figura 2 Combinación de árboles forestales con la ganadería bovina	6
Figura 3 Sistema Agroforestal.....	8
Figura 4 partes de la planta de café.....	13
Figura 5 Broca del café.....	16
Figura 6 Desarrollo de los síntomas provocado por la Roya del cafeto.....	16
Figura 7 Localización geográfica del estudio donde se instalaron las parcelas de investigación.....	22
Figura 8 Esquema del área de investigación de bloques completamente al azar	25
Figura 9 Proyección de luminosidad en luxes de los SAF en las horas de 07:00, 12:00 y 17:00 en distintas épocas de meses.	32
Figura 10 Curva de incidencia de la roya en los meses evaluados.....	34
Figura 11 Porcentaje de incidencia de la roya bajo SAF.....	36
Figura 12 Porcentajes de incidencia de la roya en el café bajo luminosidad directa e indirecta	37
Figura 13 Curva de severidad de la roya en los meses evaluados.....	39
Figura 14 Porcentaje de severidad de roya bajo sombra	40
Figura 15 Incidencia del porcentaje de la broca en los sistemas agroforestales.....	42
Figura 16 Altura de las plantas de las especies de sombra a la edad de 48 meses.	44
Figura 17 Diámetro de copa de las especies de sombra a la edad de 48 meses	45
Figura 18 Altura de las plantas de café de acuerdo a los meses evaluados.....	47
Figura 19 Diámetro de copa del café bajo la proyección de luminosidad.....	50
Figura 20 Ramas productivas bajo la proyección lumínica.....	52
Figura 21 Número de nudos en las plantas de café bajo los sistemas agroforestales.....	54
Figura 22 Producción total de cerezo del SAF.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Descripción taxonómica del café.....	12
Tabla 2 Materiales utilizados en la fase investigativa	21
Tabla 3 Especies evaluadas bajo los sistemas agroforestales como tratamientos	22
Tabla 4 Análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completamente al azar en el estudio de sistemas agroforestales	24
Tabla 5 Escala de severidad para las enfermedades.....	26
Tabla 6 Análisis de varianza de la proyección de luminosidad en luxes de los SAF en los rangos de 07:00, 12:00 y 17:00 horas.....	28
Tabla 7 Análisis de varianza del Porcentaje de incidencia de la roya.....	31
Tabla 8 Análisis de varianza para la determinación de la Severidad de la roya en los sistemas agroforestales	36
Tabla 9 Análisis de varianza de la incidencia de la broca en los cerezos de los SAF.....	39
Tabla 10 Análisis de varianza de la altura de las plantas de especies de sombra (leucaena y plátano).....	41
Tabla 11 Análisis de varianza del diámetro de copa de las plantas de Leucaena y Plátano.	43
Tabla 12 Análisis de varianza de la altura de las plantas de café.....	44
Tabla 13 Análisis de varianza del diámetro de copa del café.....	46
Tabla 14 Análisis de varianza del número de ramas productivas del café.....	49
Tabla 15 Análisis de varianza del número de nudos por rama.....	51
Tabla 16 Análisis de varianza de la producción de los granos de café	53
Tabla 17 Rentabilidad del SAF leucaena/café.....	55
Tabla 18 Rentabilidad del SAF plátano/café.....	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Hoja de determinación de altura y diámetro de copa de las plantas del SAF.....	68
Anexo 2 Hoja de monitoreo de plagas y enfermedades	69
Anexo 3 Hoja de determinación de luminosidad en lux bajo SAF	70
Anexo 4 Hoja de determinación de determinación de número ramas y nudos productivos	71
Anexo 5 Hoja de registro de la cantidad de cerezos cosechados.....	72
Anexo 6 Presupuesto de leucaena/café.....	73
Anexo 7 Presupuesto de plátano/café.....	74

TITULO: “COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL ESTABLECIDO, EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA, IMBABURA”

Autor: Dilma Aurora Molina Espinoza

Director de trabajo de titulación: Ing. Carlos Arcos U. Mgs.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la zona de Intag, parroquia Peñaherrera, donde existen sistemas agroforestales con café que fueron investigados, ya que se desconoce los tipos de impactos que pueden generar a la plantación de café; con el objetivo de evaluar el comportamiento del café (*Coffea arabica* L.), asociado con leucaena (*Leucana leucocephala* Lam. de Wit.) y plátano, (*Musa paradisiaca* L.), en sistemas agroforestales; para este estudio se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en sistemas agroforestales de 48 meses de edad, el cual consistió por cada bloque 80 plantas de café de la variedad Typica, 6 plantas de plátano y 5 plantas de leucaena. La principal interacción evaluada fue la sombra en las plantas del cafeto, donde se determinó que los sistemas agroforestales mitigan en un 55% de la radiación solar directa a las plantas, mostrando la luminosidad bajo sombra de 902.9 hasta 1 742.5 luxes y de luminosidad directa 2 231.9 hasta 3 163.3 luxes, en las horas de mayor concentración solar (12:00). Referente a la principal enfermedad roya, la sombra tuvo efecto negativo que presentó el 24.10% de severidad y sin sombra el 14.85%, teniendo en cuenta que fue un cafetal relativamente joven. Además, bajo la luminosidad modificada las plantas obtienen la altura y el diámetro de copa mayor del 15% que las plantas sin sombra, así mismo en la producción las plantas bajo sombra obtuvieron mayor cantidad de número de ramas productivas y número de nudos por rama, sin embargo bajo el sistema forestal (*Leucana leucocephala* Lam. de Wit), obtuvo cantidad productiva del 43.93% más de café, frente al sistema de frutal (*Musa paradisiaca* L.). El beneficio /costo presenta que por cada dólar invertido se recupera desde 0.10 USD hasta 0.40 USD bajo los SAF.

Palabras clave: Sistemas agroforestales, Interacciones agroforestales, *Coffea arabica*, *Leucaena leucocephala*, *Musa paradisiaca*.

TITLE: “BEHAVIOR OF THE COFFEE CROP (*Coffea arabica*) IN AN ESTABLISHED AGROFORESTAL SYSTEM, IN THE PARISH PEÑAHERRERA, IMBABURA”

Author: Dilma Aurora Molina Espinoza

Director of thesis: Ing. Carlos Arcos U. M Sc.

ABSTRACT

The present investigation was realized in the Intag area, Peñaherrera parish, where there are agroforestry systems with coffee that were investigated, since the types of impacts that can generate to the coffee plantation; in order to evaluate the behavior of coffee (*Coffea arabica*), associated with leucaena (*Leucana leucocephala* Lam. De Wit.) and plantain, (*Musa paradisiaca* L.) in agroforestry systems; For this study, a randomized complete block design (DBCA) in 48 month agroforestry systems age, which consisted of 80 coffee plants of the Typica variety for each block, 6 plants plantain and 5 leucaena plants. The main interaction evaluated was the shadow in the coffee plants, where it was determined that agroforestry systems mitigate by 55% of direct solar radiation to plants, showing the shadow luminosity of 902.9 up to 1 742.5 lux and of direct luminosity 2 231.9 up to 3 163.3 lux, in the hours of higher solar concentration (12:00). Concerning the main disease, rust, the shadow. It had a negative effect since the conditions that form it present the 24.10% of severity and 14.85% without shade, considering that it was a relatively young coffee plantation. Also, under the modified luminosity the plants obtain the height and diameter of the largest crown 15% than the plants without shade, also in the production the plants under shade they obtained a greater number of productive branches and number of knots per branch, however, under the forest system (*Leucana leucocephala* Lam. De Wit), it obtained a productive quantity 43.93% more coffee, compared to the fruit system (*Musa paradisiaca* L.). The benefit / cost shows that for every dollar invested, it recovers from 0.10 USD to 0.40 USD under the SAF.

Keywords: Keywords: Agroforestry systems, Agroforestry interactions, *Coffea arabica*, *Leucaena leucocephala*, *Musa paradisiaca*.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Los sistemas agroforestales (SAF), contribuyen eficientemente en el establecimiento de sistemas integrados de producción que ayudan a mantener la productividad, proteger los recursos naturales, minimizar los impactos ambientales negativos, satisfaciendo así las necesidades económicas y de alimentación de la sociedad (Farfan, 2014).

El café es un producto importante en la economía mundial para los pequeños, medianos y grandes agricultores que se encuentran distribuidos en diferentes regiones del trópico y subtropical, además en el país aporta el 1.8% del Producto Interno Bruto (PIB) en los últimos años, siendo una fuente muy importante de ingresos de divisas (Zabala, 2019).

Generalmente el café se cultiva en sistemas agroforestales, fundamentalmente por los beneficios que aporta en la producción los mismos, para solventar las necesidades socioeconómicas de las personas dedicadas a esta actividad productiva y apoyar en la conservación de la biodiversidad del agroecosistema (Jezeer y Verweij, 2016).

La mayoría de los agricultores de la región costera del Ecuador, han desarrollado y practicado varias formas de sistemas agroforestales con un dosel de sombra, que incluye especies maderables o en asociación con frutales y leguminosas que mejoran los suelos, siendo necesario que el agricultor conozca las técnicas agroforestales que mejoran las condiciones agroecológicas, económicas y sociales (Mestanza, Coello y Haro, 2012).

Según Montagnini, Somarriba, Murgueitio, Fassola y Eibl (2009) la sombra en los cultivos de *Coffea arabica* L. permite generalmente mejorar la calidad, aunque este efecto depende del lugar referencial o geográfico, esta particularidad ha hecho que los investigadores le den mayor importancia por el efecto que muestran las interacciones, las plantas que proyectan sombra generalmente permiten mejorar la fertilidad del suelo de las plantaciones, a su vez también se podría mencionar que no tienen efectos favorables con respecto a la presencia de

plagas y enfermedades, por otra parte señalan que los SAF protegen de excesos de las lluvias y vientos a los cultivos de café, especialmente en la etapa de floración y fructificación.

Por consiguiente Cevallos (2016) indica que en su investigación, durante los primeros años del SAF y a los 20 meses de edad no posee ninguna interacción en el cultivo de frejol y las plantas de café, ya que el crecimiento y desarrollo de las plantas estadísticamente fueron similares bajos los sistemas evaluados.

1.2.Problema de investigación

Las prácticas agrícolas transitorias a nivel de Imbabura representan 25 557 ha, lo que nos indica el 73% de la población dependen de agroquímicos que son perjudiciales para el medio ambiente (Gobierno Autónomo de Decentralizado Provincial de Imbabura [GADPI], 2018). La dependencia de estos productos han hecho que se disminuya la capacidad productiva, sumado a ello la topografía de los suelos, hace que se desarrolle la erosión hídrica y eólica.

En la zona de Intag los propietarios de las fincas, han implementado varias prácticas agroforestales (con sombra temporal o permanente) en sus cultivos de café, que no han sido sistematizados, o al menos se desconoce de la información existente, estos sistemas ameritan ser investigados ya que los rendimientos productivos y económicos en la población se consideran evidentes así como el entorno ambiental, económico y social que prestan los SAF.

Dentro de los cultivos secundarios del predio (yuca, cítricos, hortalizas), se encuentra también el café, el que es asociado con diferentes especies que proyecten sombra, formando de esa manera los SAF en diferentes pisos altitudinales que posee el sector cafetalero. Cevallos (2016) manifiesta, que no existe información de como se comporta el café en un sistema agroforestal en Intag, además señala también que en estudios realizados se toman datos informativos relevantes solo de plantaciones y de monocultivos agrícolas y no de los sistemas agroforestales.

1.3.Justificación

Este estudio contribuye a obtener información respecto de las interacciones de los sistemas agroforestales implementados, rendimiento y calidad que generan valor agregado en verde

del café a través de la sombra que ofrece el sistema. Información de relevancia para mejorar los procesos de producción y comercialización que actualmente mantiene la Asociación Agrícola de cafetaleros del Rio Intag (AACRI).

Además, contribuye a generar información técnica referida a la forma en cómo el agricultor cultiva actualmente y cómo debe realizarlo en sus propios contextos. Por otra parte esta diversidad orienta a la obtención de productos sanos, primarios y secundarios; se ha evidenciado que el café de la especie arabica variedad Typica, en el área de estudio la producción inicia a los tres años, mientras que en Costa Rica según World Coffee Research (2016) la misma variedad empieza la producción a los cuatro años. Esto hace ver que en los contextos de suelo, clima y altitud no son factores condicionantes para la productividad del café.

En consecuencia, el estudio realizado aporta con información de campo para el sustento y el desarrollo socio-económico, como alternativa de mitigación de impactos ambientales, a través del asocio dentro del sistema agroforestal se disminuye el uso de agroquímicos para el control de vectores y plagas, por lo tanto existe dicha mitigación; actividad que se ha desarrollado a lo largo del tiempo y como una opción para la conservación ambiental. Además se demostrará la eficiencia de las interacciones que presenta la aplicación de los SAF en el rendimiento del café bajo sombra.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento del café (*Coffea arabica* L.) asociado con leucaena (*Leucaena leucocephala*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en sistemas agroforestales.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer las interacciones agroforestales, entre el Café (*Coffea arabica*) - Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Café (*Coffea arabica*) - Plátano (*Musa paradisiaca*)
- Determinar la producción del café bajo los arreglos agroforestales establecidos

- Establecer el Beneficio - costo de los arreglos agroforestales establecidos

1.5.Hipótesis

- **Ho:** Los arreglos agroforestales y las interacciones establecidas no influyen en la producción del café.
- **Ha:** Los arreglos agroforestales y las interacciones establecidas influyen en la producción del café.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ¿Qué son sistemas agroforestales?

Los sistemas agroforestales son formas de manejo del suelo que practica el hombre buscando beneficios adecuados para optimizar el uso de los recursos en el espacio y el tiempo ya que les permiten explotar en un área limitada, diversos subsistemas de producción mediante la combinación de elementos y estratos (Nicolópulos, Godoy y Ortín, 2010).

2.2. Clasificación de sistemas agroforestales

La clasificación de los sistemas agroforestales es necesaria, y busca facilitar un marco conceptual para evaluar y desarrollar planes de acción para su mejoramiento, según el Centro Agronómico Tropical de Investigación de Enseñanza [CATIE] (2001); y Mendieta y Rocha (2007) los clasifican de la siguiente manera:



2.2.1. Agrosilvicultura: el uso de la tierra para la producción secuencial de cultivos agrícolas y cultivos boscosos, en los cuales constan como la agricultura migratoria con manejo del barbecho, cultivo en plantaciones forestales, Sistema "Taungya", árboles para sombra de cultivos, árboles en parcelas de cultivo (cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles en linderos o árboles dispersos), huertos caseros mixtos y cultivo en callejones (Figura 1).

Figura 1 Combinación agroforestal de plátano y café

2.2.2. Sistemas Silvopastorales: sistemas de manejo de la tierra en los que los bosques se manejan para la producción de madera, alimento y forraje, como son los árboles o

arbustos dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones forestales o frutales y bancos forrajeros o bancos de proteína, pastura en callejones (Figura 2).



2.2.3. Sistemas especiales: el uso del espacio para promover la silvoentomología (Árboles para apicultura) y Silvoacuacultura (Árboles para Piscicultura).

Figura 2 Combinación de árboles forestales con la ganadería bovina

Fuente: Arcilla (2013).

2.3. Interacciones agroforestales

Son los efectos agroforestales que se ocasionan al combinar diferentes especies de plantas en un área determinada, que a su vez representan interacciones biológicas, ecológicas y económicas, dentro de la interacción es importante que los SAF sean sostenibles y sinérgicos para obtener resultados más positivos, que negativos, que contribuya eficientemente al productor y al medio ambiente. Según Hagggar, Staver y De Melo (2001) afirman que una práctica sostenible mantiene e incrementa la producción, la calidad de los recursos y el bienestar humano, sin embargo el incremento (también llamado sinergismo ecológico) va más allá de la sostenibilidad, refiriéndose a las interacciones positivas entre el clima, la sombra, los niveles y tipos de insumos y la variedad de café que resultan en eficiencias no esperadas, mayores niveles de producción o de calidad, facilidades para el manejo del sistema o su capacidad de recuperación.

Así mismo mencionan, que el sinergismo se manifiesta con mejoras en el sistema de producción que van más allá de la sostenibilidad y que podrían ser el producto de mejoras en la vida biológica del suelo y materia orgánica, la velocidad de reciclaje de los nutrientes y las interacciones entre los procesos productivos, el reaprovechamiento de nutrientes y la dinámica de la red alimenticia o la sucesión.

2.4. El café dentro de los sistemas agroforestales

El café es tolerante a la sombra y tradicionalmente ha sido cultivado bajo árboles que mitigan las radiaciones solares directas que llegan a las plantas, establecidos en sistemas agroforestales, que proporciona un refugio idóneo para la biodiversidad y mantienen otros servicios ecosistémicos. La importancia ecológica y económica de la especie a nivel mundial presenta una buena oportunidad para plantear programas de desarrollo sostenible que combinen la conservación y los objetivos económicos, por consiguiente, el café de altura está siendo promovido cada vez más como un enfoque prometedor para abordar el doble desafío como es la conservación de la biodiversidad y el progreso local (Jezeer y Verweij, 2016).

2.5. Importancia de la sombra en los cultivos del café

Los árboles que componen la sombra de los cafetales pueden ser de diversas especies, aunque generalmente los productores prefieren seleccionar especies que son ventajosas como sombra por sus diversas características como pueden ser: densidad del follaje, forma de la copa y por las características nutricionales, como es el caso de las leguminosas. Por otro lado, los caficultores seleccionan las especies de sombra en base a tendencias económicas o de sostenibilidad. Algunos productores buscan los sellos y certificaciones de café, las cuales cuentan con normas que favorecen y promueven la siembra en conservación de diferentes especies de árboles, otorgándole mayor calificación a aquellas unidades productivas que cuentan con diferentes especies nativas (CATIE, 2001).

La sombra actúa como un filtro a la luz solar, modificando la intensidad y calidad con que esta llega a las hojas del cafeto, ejerciendo un efecto directo, regulando y optimizando la fotosíntesis y respiración, además una de las ventajas positivas es la regulación del agua, ya que la sombra propicia mayor infiltración de lluvia en el suelo, reduciendo la evaporación y a los árboles permiten conservar la humedad del suelo al proveer una cobertura natural con hojarasca, que también beneficia al dificultar el desarrollo normal de malezas (López, 2017).

2.6. Tipos de sombra en los sistemas agroforestales

2.6.1. Sombra provisional o transitoria

En los cafetales durante los primeros años de vida es normal encontrar plantas de corta duración, formando sombrío transitorio y posteriormente se establecen sombríos permanentes, tal como se indica en la Figura 3. Además, durante ese tiempo la producción del café es escasa, por tal razón los caficultores tratan de compensar esta inconformidad económica estableciendo sistemas agroforestales simultáneos que produzcan algún ingreso extra, de manera intercalada con café, en los surcos o calles con el propósito de aprovechar los espacios libres del cafetal, antes de la primera cosecha, sin que se afecte su producción, las especies de plantas implementadas no deben ocasionar ninguna competencia, y dentro de esas plantas se encuentran *Phaseolus vulgaris* L., *Zea mays* L., *Pisum sativum* L., entre otras especies, de esta manera se reducen los costos de mantenimiento del área del cafetal (Farfán, 2016).



Figura 3 Sistema Agroforestal

Por otro lado, Navarro y Mendoza (2007), Farfán (2016) sustentan que las especies implementadas para sombra transitoria deben de ser de rápido crecimiento y una vida entre 2 y 4 años, el tiempo en el cual el sombrío permanente ya debe estar cumpliendo su función, al mismo periodo estas especies deben ser de rápida regeneración, adaptación a las condiciones climáticas y de suelo, donde se establecen, preferiblemente que no sean hospederos de plagas y enfermedades y que no requieran exceso de mano de obra para su

mantenimiento, dentro de las especies se encuentran: *Crotalaria juncea* L.(cañamo), *Cajanus cajan* L. Mills (guandul), *Ricinus communis* L. (higuerilla), *Musa* sp. (plátano), entre otras.

Los mismos autores indican que las principales funciones que deben cumplir durante el crecimiento de las plantas de café, las especies de sombra transitorias son:

- Ayudar a la conservación de la humedad del suelo para el café en época de levante.
- Proteger de condiciones climáticas adversas como altas temperaturas, alta radiación solar y baja humedad relativa, entre otros.
- Producir cobertura vegetal, cumpliendo un papel importante en el control de arvenses.
- Reciclar materia orgánica y nutriente, contribuyendo así al mantenimiento de la fertilidad del suelo.
- Ayudar a la estabilización de los suelos si estas se encuentran en zonas pendientes.
- Reducir la posibilidad de encharcamientos de lotes por lo que ayuda en el drenaje.
- Reducir las escorrentías del agua, contribuyendo a la conservación del suelo.
- Reducir el impacto de la lluvia sobre el suelo
- Albergar insectos benéficos o controladores biológicos de plagas

2.6.2. Sombra definitiva o permanente

La sombra permanente además de proteger y crear un ambiente adecuado para el cultivo tiene como función purificar el aire que se respira y producir madera que puede ser aprovechada por la familia y la comunidad, dentro de las especies más usadas encontramos a la forestales leguminosas, que por lo general se buscan arboles de buena adaptación y que sean de rápido crecimiento, de valor comercial para las familias, la plantación se debe realizar con un año de anticipación al establecimiento del cultivo simultáneo, se debe considerar, también la

competencia por agua y nutrientes, igualmente se recomienda instalar cultivos en callejón con la orientación este, u oeste (Navarro y Mendoza, 2007).

Las funciones que cumplen las especies de sombra transitoria y definitiva son homogéneas ya que sus objetivos son los mismos tanto en la conservación ambiental, como en la económica y sociocultural.

2.7 Ejemplos de cultivos perennes con árboles de sombra permanente

Las plantas de café (*Coffea arabica* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.) con sombra, son especies más comunes que su hábitat, exige sombra dentro de los primeros meses de crecimiento para las combinaciones idóneas se pueden seleccionar diferentes especies: como se señaló anteriormente las leguminosas que aportan nutrientes por la fácil descomposición de la cobertura vegetal, dentro de los callejones se encuentra: guaba (*Inga edulis* Mart), porotón (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli.), leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. De whit), y dentro de las no leguminosas maderables podemos tener: laurel (*Laurus novilis* L.), cedro (*Cedrela odorata* L.), eucalipto (*Eucalyptus glubulus* Labill), aliso (*Alnus nepalensis* D. Don) y guayacanes (*Handroanthus chrysanthus* Jacq.), entre otras, además ha sido común plantar frutales principalmente cítricos y musáceas, ya que estas combinaciones actúan de forma alelopática para controlar plagas y enfermedades, teniendo en cuenta la adaptabilidad en la zona (Arronis, 2006).

2.8 La sombra y la fotosíntesis dentro del café

De acuerdo a Rapidel et al., (2015) indica que el aparato fotosintético del cafeto está adaptado a condiciones sombreadas, hojas que reciben sol directo muestran una tasa menor que las hojas en la sombra, además las hojas del café están sujetas a foto-inhibición y a foto respiración, en condiciones de alta radiación que no permiten fotosíntesis e incluso pueden provocar daños permanentes, en sombra inferiores entre 25% y 55% la fotosíntesis no se reduce, además el proceso de la tasa fotosintética puede variar mucho según las condiciones climáticas y de manejo del cultivo, además la fotosíntesis del café es muy sensible a temperaturas altas, por tal razón la sombra, permite reducir los cambios extremos de temperatura en el dosel del café.

Los mismos autores manifiestan que la fertilización nitrogenada incrementa la tasa de fotosíntesis, por lo tanto también aumenta la capacidad del cultivo de aprovechar altas intensidades de radiación solar y que en consecuencia, en algunos casos, la sombra podría tener efectos menos positivos en plantaciones con alta fertilización de nitrógeno.

2.9 La leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. De whit) en un sistema agroforestal

Según Zarate (1987) la leucaena es un árbol multipropósito de gran interés agrosilvícola, frecuentemente se encuentra en huertos familiares, mezclado con cultivos agrícolas además se usa en plantaciones en linderos, así mismo como árboles dispersos para sombra en cultivos perennes comerciales (sombra en cafetales), cultivos en callejones, callejones forrajeros, barbechos mejorados, también esta especie tiene efectos restauradores que proporciona cobertura de hojarasca que produce un excelente abono verde, conservación de suelo, estabilización de suelo, drenaje de tierras inundables, fijación de nitrógeno de (100-600 kg N/ha/año), recuperación de terrenos degradados, sombra para plantaciones de café, cacao y hule.

Por otro lado Nicolópulos et al., (2010) en el estudio del sistema agroforestal de leucaena y maíz, descubrieron mayor contenido de materia orgánica, bajo el suelo de leucaena en un (2.22%) y en menor porcentaje, bajo el suelo de maíz el (1.45%), esto se debe principalmente al aporte de restos de frutos, hojas y ramas provenientes del elemento arbóreo, los cuales cubren por completo el suelo, además es importante ésta especie para una buena estructuración del suelo, aumentar la capacidad del intercambio catiónico y retención de agua, con lo que se reducen las pérdidas por lixiviación de nutrientes, como Nitrógeno, Potasio, Calcio y Magnesio.

2.10 El plátano (*Musa* sp.) en Sistema Agroforestal

Las plantas del plátano se utilizan tradicionalmente como sombra temporal o transitoria durante el primer o segundo año de vida del cacao o café, bajo este esquema, se planta intercalado con el cultivo de café o cacao, cuando el cultivo desarrollan sus copas cierran su dosel de sombra inhiben la producción de hijos de las cepas, lo cual dificulta el apuntalamiento, que produce volcamiento de cepas, se dañan arboles de la siembra y pronto

la especie de sombra transitoria se convierte en un problema de manejo dentro del cultivo, para ello se aconseja eliminar rápidamente al plátano del sistema y se pierde el efecto benéfico de diversificación (Somarriba, 1994).

2.11 Café (*Coffea arabica* L.)

La producción de café es un motor para la economía Ecuatoriana, ya que aporta divisas al estado, generando ingresos para las familias que practican este cultivo, así beneficiando a los representantes de la cadena productiva (comerciantes, transportistas, exportadores, microempresarios, obreros de las industrias del café) de la producción del producto ecuatoriano el 90% es destinado a exportaciones pero no abastece la demanda total de café que necesita ser exportado al mundo (Pozo, 2014). Por otro lado Ponce, Orellana, Acuña , Alfonso y Fuentes (2018) mencionan, que la producción promedio a nivel nacional de las fincas del cultivo *Coffea arabica* L. aporta por cada hectarea un rendimiento promedio de 270kg de café seco pergamino, y en lo económico esto corresponde a 712.29 dólares.

2.12 Efecto de la sombra en el café bajo sistemas agroforestales

Según Farfán (2014) la sombra idónea para los cafetales están desde del 40% hasta el 70%, además estas necesidades están en función de clima y que por debajo o sobre los porcentajes de sombras antes mencionadas afectan en la producción que depende del sistema agroforestal, componente arbóreo, estructura, arreglos espaciales, niveles de fertilización y la localización; a continuación se despliegan los resultados de la producción de café bajo diferentes sistemas agroforestales.

- Bajo sistemas agroforestales de leguminosas en cultivos perennes (*Coffea arabica* L./*Inga edulis* Mart, *Erythrina fusca* Lour., *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit) de estructura simple, con arreglos espacial de 6m x 6m, 9m x 9m y 12m x 12m, donde el cultivo de café se realizó a distancias de siembra de 1.5m x 1.5m (4.500 plantas/ha), la producción de café seco/ha, a diferentes distancia de siembra fueron: bajo *I. edulis* Mart, 1 989.5 kg, 2 281.3 kg y 3 102.9 kg, bajo *Erythrina fusca* Lour. fue de 1 927.1 kg, 3 269.5 kg y 2 888.1 kg, y bajo leucaena 2 588.6 kg, 2 630.7 kg y 2 626.6 kg.

- El comportamiento bajo árboles forestales (*Coffea arabica* L./*Cordia alliodora* Ruiz & Pav., *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. y *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) de estructura diversa de arreglo espacial de 6m x 6m, con arreglo espacial de café de 1.5m x 1.5m (4 444 plantas/ha) y su producción fue 1 337.1 kg de café pergamino seco/ha en *Cordia alliodora* Ruiz & Pav., 1 840.1 kg de café pergamino seco/ha *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl. y 1 865.9 kg de café pergamino seco/ha bajo la especie de *E. grandis* W. Hill ex Maiden.
- Por otro lado Pérez y Suárez (2011) afirman en su investigación que el sistema agroforestal *Persea americana* L., *Inga* sp., *Quercus bumelioides* C.H. Mull, entre otras especies, está sujeto en un 90% por la variedad Lempira con una densidad de 4 444/ha, con una productividad de 2 546 granos de café por planta con cierta influencia de sol y de 1 903 granos por planta bajo sombra. Mientras que en el componente arbóreo se obtuvo una cantidad de 97 árboles por hectárea, un porcentaje de sombra de 54% para el sistema agroforestal (SAF) y un factor de frondosidad de 0.65.

2.13 Taxonomía y descripción botánica del café

El género *Coffea* al cual pertenece el café contiene alrededor de 100 especies, sin embargo las más cultivadas comercialmente son *C. canephora*, *C. arabica* y *C. liberica* la descripción taxonómica se puede observar en la Tabla 1.

2.14 Descripción botánica del *Coffea arabica*

Las plantas de *Coffea arabica* L. pertenece a la familia Rubiaceae, es un arbusto de 3 a 5 metros de altura, de forma cilíndrica (Figura 4); de raíz pivotante profunda, follaje de color verde oscuro al madurar, hojas elípticas, ligeramente coriáceas de margen entero, con estipulaciones en la inserción de los pecíolos, las flores poseen una corola blanca y se agrupan en glomérulos protegidos por cálculas y el número de flores varía de 2 a 19 por axila de la hoja, los frutos son ovals-elípticos, rojos, con una superficie lisa, brillantes cuando maduran; presentan mesocarpo carnoso y un endocarpio fibroso. Las semillas son planas-convexas, verdosas, cubiertas con una fina capa llamada pergamino (Flores, 2019).

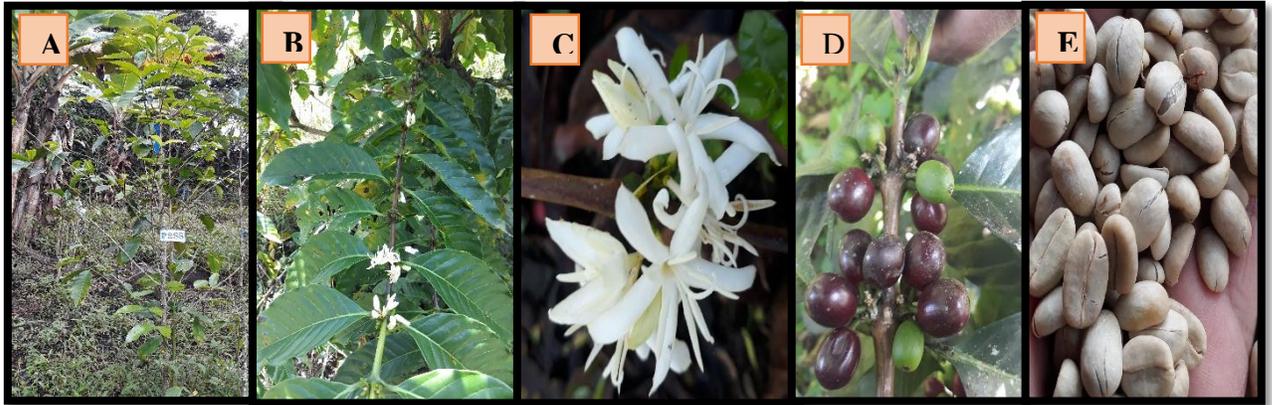


Figura 4 Partes de la planta de café. A: planta de *Coffea arabica*, B: Rama lateral del café con hojas y flores en los entrenudos, C: Agrupación de la inflorescencia del café, D: fruto del café en estado de madurez y E: Semillas de café seco con la cubierta del pergamino.

Tabla 1

Descripción taxonómica del café

CLASIFICACIÓN

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Magnoliata
Subclase	Asteridae
Orden	Rubiales
Familia	Rubiaceae
Género	<i>Coffea</i>
Especie (s)	<i>C. arabica</i> L. o <i>C. canephora</i>

Fuente: Ramírez (2010).

2.15 Condiciones Edafo - climáticos del cultivo del café

2.15.1 Suelo

El cafeto se cultiva, en suelos de características físicas y químicas muy heterogéneas, además deben ser profundos con buen drenaje, con textura franco arenosa que contengan los principales minerales que requiere la planta, ligeramente ácido con pH entre 5 - 6.5, inferiores a 5 también pueden cultivarse adecuadamente, siempre y cuando la estructura sea apropiada (Mora, 2008).

2.15.2 Altitud

El mejor desarrollo y calidad de café se consigue en altitudes entre los 900 – 1800 msnm, la ubicación geográfica en la que encuentre el cultivo es un factor determinante para el *C. arabica* L., teniendo como regla general que el grano producido en mayor altura es de mayor tamaño y rendimiento, mejor calidad, más cuerpo, aroma y acidez que el de sitios bajos (Montes, Cevallos, Echeverria, Sánchez y Lalama, 2018).

2.15.3 Temperatura

El café de la especie *C. arabica* L. prefiere un clima templado con temperaturas de 18°C - 24°C para su mejor desarrollo, bajo esas condiciones las plantas crecen vigorosas con ramas fuertes y con folíolos bien formados, por otro lado siendo más extremos su adaptación está en temperaturas de 13°C y los 27°C (Mora, 2008).

La temperatura es el componente más relacionado con el crecimiento de las plantas, fuera de los rangos apropiados genera un desarrollo lento, una maduración de fruto tardío, aceleración de la senescencia de los frutos, disminuye la fotosíntesis, reduce el crecimiento y producción; además de ocasionar anomalías en la floración, fructificación limitada, proliferación de enfermedades y plagas, y sobre todo afecta a la longevidad de la planta (Montes et al, 2018).

2.15.4 Precipitación

Las necesidades de precipitación dependen de las propiedades de retención del suelo, la humedad atmosférica y la capa de nubes, así como las prácticas de cultivo, dentro del rango

de precipitación anual idóneo está entre los 1 200-1 800 mm para *C. arabica* L. siendo el mínimo de 1 000 mm anuales, precipitaciones superiores a los 3 000 mm deben considerarse como inapropiadas para el cultivo, en rangos similares la variedad Robusta se adapta mejor en precipitaciones intensas que superan los 2 000 mm anuales, la razón de realizar cultivos bajo sombra es para evitar el estrés hídrico de la planta, por falta de agua que ocasiona la sequía en las diferentes regiones (Camayo, Chavez, Arcilla y Jaramillo, 2003).

2.15.5 Humedad relativa

Se ha determinado que la humedad del aire no es un factor determinante en el cultivo del café, ya que crece adecuadamente en humedad relativa de 70 a 85 %, mayores de esos rangos se afecta la calidad y favorece a la proliferación de las enfermedades aumentando la incidencia y severidad (Montes et al., 2018).

2.15.6 Luminosidad

El cafeto es una planta de día corto, periodos críticos de 13.5 a 16.25 horas, cuando la intensidad lumínica es alta sobre las plantas ocurre al cierre de estomas en las hojas para una transpiración excesiva lo que trae como consecuencia una disminución en el proceso de fabricación de alimento de la planta y como consecuencia baja en producción (Montes et al., 2018). Según Camayo et al., (2003) las plantas jóvenes son sensibles al fotoperiodo, las adultas son neutras y son insensibles, además la longitud del día no juega un papel predominante en la regulación del ciclo estacional del crecimiento y floración, sino que está más relacionada con los cambios de temperatura, el estado hídrico de las plantas y el ciclo propio de las mismas.

2.16 Principales plagas del café

2.16.1 Broca del fruto (*Hypothenemus hampei* Ferrari)

La broca se considera plaga de la parte aérea de la planta de café, sin embargo el insecto se introduce en los frutos caídos en el suelo para reproducirse o mantenerse fuera de la época de producción, así cuando inicie el nuevo ciclo de producción de los granos de cerezo, continuar el ciclo de vida en los frutos nuevos y sobre todo sanos (Montes et al., 2018).

Este daño es muy característico y consiste en que el insecto perfora un orificio circular en la punta de la fruta, donde hace un túnel para ovopositar los huevos (Figura 5). Las hembras perforan las cerezas por el ombligo, hasta llegar a la drupa, allí se alimentan y adelantan su proceso reproductivo, el macho no vuela por tener su segundo par de alas rudimentarias, las cerezas, cuando son perforadas en edad muy tierna, normalmente se caen o se pudren. Cuando la broca ataca frutos maduros y pintones, se produce café de poco peso o café vano. La broca del café también es capaz de atacar bajo condiciones de almacén, cuando se guarda café con alto porcentaje de humedad; en una población normal de broca existen 10 hembras por cada macho (Colonia, 2012).



Figura 5 Broca del café. A: Fruto brocado por la presencia de la broca B: Presencia de la broca adulta en el cerezo

2.17 Principal enfermedad del café

2.17.1 Roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.)

La roya del café es producida por un hongo que infecta las hojas, los primeros síntomas que se observan son pequeñas manchas de color amarillo pálido en la parte superior de las hojas, las manchas van en aumento de tamaño gradualmente hasta producir unas masas amarillas en el envés de las hojas (Figura 6) que corresponde a la esporulación, llamadas uredosporas, las cuales son las estructuras reproductivas de esta enfermedad, el patógeno no rompe la epidermis de la hoja, como lo hacen la mayoría de las royas, sino que esporulan a través de los estomas (Virginio y Astorga, 2015).

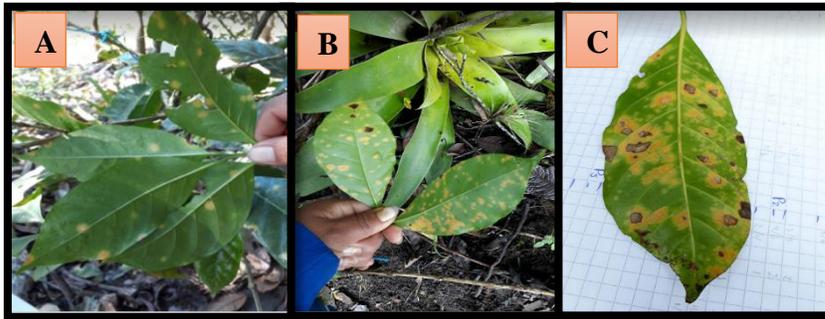


Figura 6 Desarrollo de los síntomas provocado por la Roya del cafeto. A) Inicio de las manchas B) Progreso del desarrollo C) Lesiones viejas de la enfermedad.

La proliferación de esporas solo ocurre en presencia de agua libre, no basta con la alta humedad relativa para que se produzca la germinación de esporas, además se sabe que el desarrollo del patógeno ocurre en hojas jóvenes, en relación con hojas viejas o de vida media, sin embargo, al inicio de las lluvias la enfermedad se localiza en las hojas más internas y viejas de las bandolas y son la fuente de esporas para las nuevas infecciones (Barquero, 2013). El mismo autor considera que es muy importante tener en cuenta los factores de susceptibilidad del hospedante como es la variedad, densidades de siembra, las condiciones nutricionales de la planta y la predisposición de estas en la cosecha.

En la población de *H. vastatrix* Berk. & Br. existen individuos con diferente cantidad de genes de virulencia, los que poseen más genes, son los más complejos y capaces de afectar a un mayor grupo de variedades de café, por ejemplo cuando una planta de café se enferma, significa que el gen de resistencia (SH) presente en la planta, tiene el gen de virulencia (v) correspondiente en el hongo, por lo general tienen únicamente 4 genes de resistencia (SH1, SH2, SH4 y SH5) y un gen de virulencia (vs) es capaz de causar enfermedad en las variedades que tienen únicamente el gen de resistencia SH5 como: Caturra, Catuai, Villa Sarchi, Borbón, Híbrido Tico, Mundo Novo, Típica, Geisha, entre otros; por otro lado en las variedades mejoradas que tienen más genes de resistencia no es así como: SH6, SH7, SH8, SH9 que se encuentran en variedades de *C. arabica* L. como Catimores, Sarchimores y Cavimores (Barquero, 2013).

2.18 Rentabilidad del café bajo sistemas agroforestales

El costo de inversión comprende un desglose de costos fijos y costos variables para el establecimiento del sistema agroforestal tradicional, café-plátano-cítricos, además los costos de operación se consideran a partir del año 1 hasta el año 30, que contemplan las labores del mantenimiento del sistema, desde que inicia hasta que termina su ciclo productivo, así mismo la depreciación de los equipos y herramientas se calcula mediante el cociente del valor inicial y la vida útil del equipo a 30 años y anual (Cruz, Leos, Uribe, y Rendón, 2016). Así mismo los sistemas agroforestales evaluados presentaron el punto de equilibrio, en el cual realizó un cuadro del flujo de efectivo, en el que se elaboró una gráfica para ubicar en qué año no se tienen pérdidas ni ganancias y se descubrió que la primer área de estudio fue en el año 10 en segundo área en el año 7 y en el tercer área en el año 9 y a partir de ese año el productor obtuvo utilidades positivas.

Según, Gonzáles, Murillo y Ávila (2018) que a los 17 años de edad del cedro, aportó el 81 % del valor actualizado neto (VAN) del SAF en el período de análisis, con los indicadores financieros estimados rentables del arreglo café-cedro, ya que generó un VAN positivo de 8 198 601.5 USD, una tasa interna de retorno (TIR) de 16 %, la cual fue superior al costo del dinero (tasa de descuento de 6.1 %) y una relación B/C de 1.34 USD.

Sin embargo, Espinosa (2018) el sistema agroforestal café – espino el VAN fue positivo y la TIR supera a la tasa de interés referencial, a los cuatro años de vida del SAF, por lo cual indica que el sistema productivo es rentable para el agricultor, con la relación B/C de 1.33 USD, lo que refleja que por cada dólar que se invierte se obtiene una ganancia de 0.33 USD.

2.19 Marco legal

2.19.1 Constitución de la República del Ecuador 2008

Capítulo II: Derecho del buen vivir

Sección primera: Agua y alimentación

Art. 13: Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

Sección segunda: Ambiente sano

Art. 14: 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*.

2.19.2 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (COA)

Título I: Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental

Capítulo III: Instrumentos del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental

Segunda sesión: Investigación ambiental

Art. 28.- Fines de la investigación ambiental.- La investigación ambiental, como instrumento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, tendrá los siguientes fines: a) Desarrollar y adquirir nuevos conocimientos e información ambiental; b) Contar con datos científicos y técnicos sobre el medio ambiente, con el objeto de construir políticas y estrategias ambientales nacionales; y, c) Contar con una base de información científica y técnica que fundamente la toma de decisiones sobre la gestión ambiental, orientadas a prevenir y solucionar problemas ambientales, promover el desarrollo sostenible, garantizar la tutela de los derechos de naturaleza y de las personas.

TITULO IV: SERVICIOS AMBIENTALES

CAPITULO I

Art. 248.- Servicios ambientales.- Los servicios ambientales producen beneficios directos o indirectos a la población, y son provistos por los ecosistemas naturales o intervenidos. Se consideran servicios ambientales los resultados que se generan de la conservación, mantenimiento y regeneración de las funciones ecológicas y ciclos vitales de la naturaleza. Dichos resultados deberán ser producto de acciones u omisiones humanas.

En ningún caso se podrá crear tasas para la retribución por un servicio ambiental que ocurra sin acción u omisión humana.

2.19.3 Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente

LIBRO I: De la autoridad ambiental

Título I De la Misión, Visión y Objetivos del Ministerio del Ambiente

La presente investigación está enmarcada en uno de los objetivos ambientales como es el numeral:

2.- Prevenir la contaminación, mantener y recuperar la calidad ambiental.

2.19.4 Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021.

La presente investigación tiene enfoque dentro de los objetivos, políticas y lineamientos siguientes según (Secretaría Nacional de planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017).

Eje 1: Derechos para todos Durante toda la vida del capítulo segundo del derecho del buen vivir de la Constitución del Ecuador.

Sección primera agua y alimentación

Art. 13 Lo cual señala "Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales".

Objetivo 3: Donde menciona de "Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones.

Políticas 3.4: Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio está ubicada en la provincia de Imbabura, del cantón Cotacachi, zona de Intag, de la parroquia Peñaherrera, del sitio Conrralá, a una altitud de 1 720 m.s.n.m. en las coordenadas geográficas de latitud 17 Sur 0775165 y longitud 10038953 Norte (Figura 7), datos obtenidos por medio de GPS (2018).

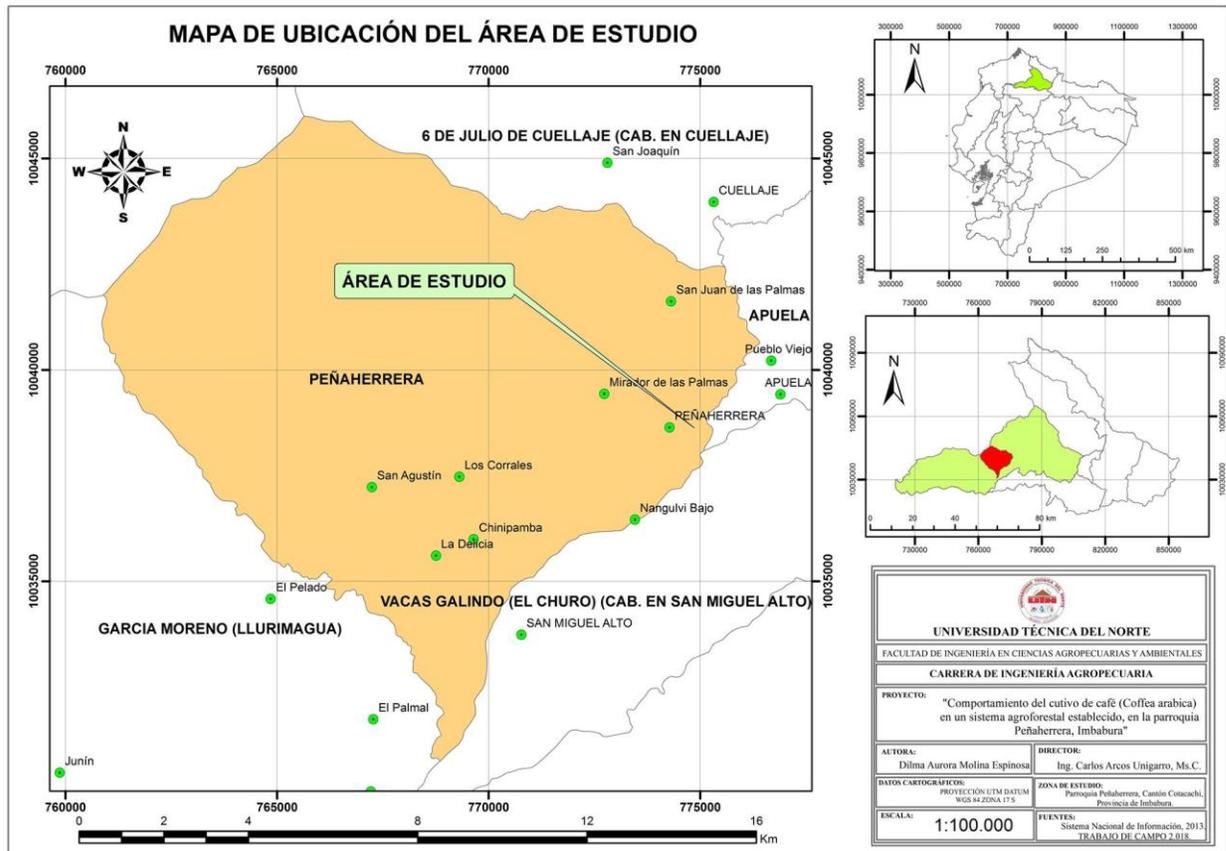


Figura 7 Localización geográfica del estudio donde se instalaron las parcelas de investigación.

3.2 Características climáticas

Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017) la zona de estudio se caracteriza por tener variabilidad de los factores climáticos, lo que permite determinar ecosistemas especiales aptos para la producción de café.

- Temperatura mínima: 10°C
- Temperatura máxima: 25°C
- Temperatura promedio anual: 18°-20°C
- Humedad relativa: 75 %
- Precipitación: 1 500 – 1750 mm anuales

3.3 Materiales

Los materiales utilizados en el proceso de investigación se detallan a continuación (Tabla 2):

Tabla 2

Materiales utilizados en la fase investigativa

Material de estudio	Material de campo	Material de oficina	Equipos de campo
- Cultivo de Café-Plátano	- Libreta de campo	- Computadora	- Luxómetro
- Cultivo de Café-Leucaena	- Etiquetas	- Impresora	- Clinómetro
	- Piola	- Cámara fotográfica	
	- Estacas	- Lápiz	
	- Saquillos	- Borrador	
	- Rótulos de identificación		
	- Balanza		
	- Cinta métrica		
	- Fundas		
	- Recipientes		
	- Regleta		

3.4 Metodología

3.4.1 Factores en estudio

Los factores en estudio fueron los sistemas agroforestales establecidos y el efecto de la luminosidad sobre las plantas de café, las cuales se encuentran detallados en la siguiente (Tabla 3).

Tabla 3

Especies evaluadas bajo los sistemas agroforestales como tratamientos

Código	Descripción de Arreglos agroforestales	Sombra
T1	Café - Leucaena	Sombra
		Sin sombra
T2	Café – Plátano	Sombra
		Sin sombra

3.4.2 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).

3.4.3 Características del experimento

Los cultivos de la investigación establecidos durante el estudio tenían una edad de 48 meses, en los cuales constaban de:

- Arreglos: 2
- Sombra: 2
- Bloques: 4
- Total, de unidades experimentales: 8
- Largo: 30 m

- Ancho: 8 m
- Área total de bloques: 240m²
- Área experimental del ensayo: 960 m²

Cada bloque contenía 80 plantas de café de la variedad Typica, 6 plantas de plátano y 5 plantas de leucaena, siendo un total de 320 plantas de café, 24 plantas del plátano y 20 plantas de leucaena en el área de estudio (Figura 8).

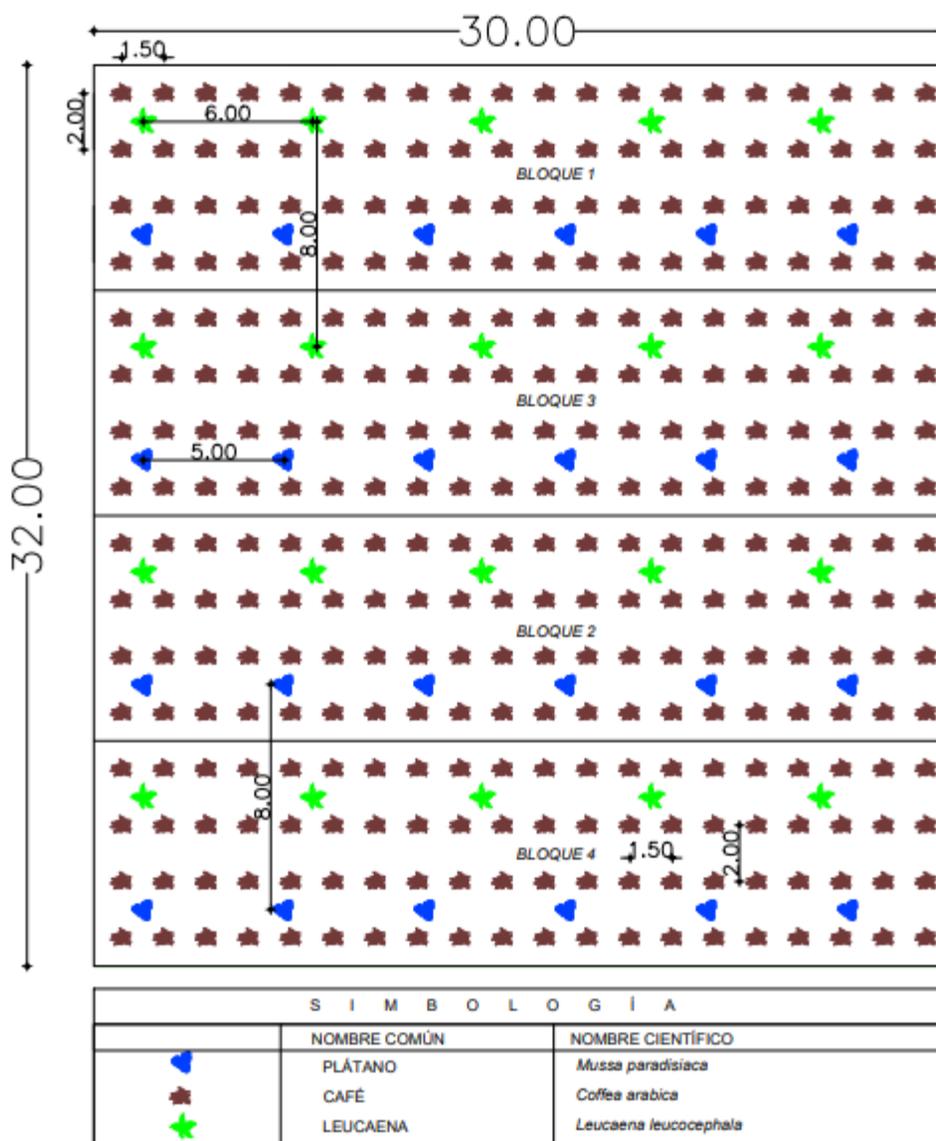


Figura 8 Esquema del área de investigación de bloques completamente al azar

Las distancias de siembra para cada especie fueron las siguientes:

Café: Entre plantas 1.50 m y entre hileras a 2 m

Leucaena: Entre plantas 6 m y entre hilera a 8 m

Plátano: Entre plantas 5 m y entre hilera a 8 m

3.5 Análisis estadístico

El estudio del comportamiento del café bajo sistemas agroforestales se realizó bajo el Diseño de Bloques Completamente al Azar como esta detallada en la Tabla 4.

Tabla 4

Análisis de varianza (ADEVA) de un diseño de bloques completamente al azar en el estudio de sistemas agroforestales.

Fuentes de variación		Grados de libertad
Total	$(t \times R) - 1$	11
Bloque	$(b - 1)$	3
SAF	$(a-1)$	1
Sombra	$(c - 1)$	1
SAF x sombra	$(a-1)(c-1)$	1
E. exp.	$(t - 1)(R - 1)$	5

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Interacciones agroforestales

Para determinar la altura de planta y diámetro de copa se realizaron mediciones directas, seleccionando al azar 24 plantas de café, 6 plantas de leucaena y 5 plantas de plátano por

cada bloque, las mediciones se realizaron cada 2 meses a partir de la primera medición desde el inicio de la fase investigativa, concluyendo con la tercera medición del mes de julio del 2018 (Anexo 1).

3.6.1.1 *Altura de planta (m)*

Las alturas de las plantas de leucaena y plátano se midieron con un clinómetro, en función de la diferencia de ángulos obtenidos de la base y el ápice terminal, a diferencia de las plantas de café que se midieron utilizando una vara graduada en centímetros, se procedió a medir desde el cuello de la raíz hasta la yema terminal de la planta.

3.6.1.2 *Diámetro de copa (m)*

La copa se midió considerando la proyección del borde externo dominante y su opuesto, medido sobre la superficie del suelo. Esta medida se realizó con una cinta métrica a todas las especies en estudio.

3.6.1.3 *Plagas y enfermedades*

Al inicio del estudio se levantó la información para determinar las plagas y enfermedades más evidentes dentro del cultivo de café, bajo los sistemas agroforestales presentes.

a) Broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari)

Dentro del monitoreo se registró la incidencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) a partir de las formaciones del grano del café. Para ello se seleccionaron 24 plantas por bloque al azar y de ello se eligieron varias ramas una bajera, una media, y una alta para realizar conteos del número de cerezos totales y el número de cerezos brocados.

Ecuación del porcentaje de incidencia de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari)

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de frutos brocado}}{\text{Número de frutos totales}} \times 100$$

b) Incidencia de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.)

Se registró en porcentajes tanto la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix vastatrix* Berk. & Br.) Desde el inicio del estudio hasta la fase final investigativa, en las mismas 24 plantas y ramas seleccionadas para el monitoreo de plagas, tomando datos una vez al mes para realizar una curva mensual.

Ecuación del porcentaje de incidencia presentes de la roya del café

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de hoja con roya}}{\text{Número de hojas totales}} \times 100$$

- Severidad de la roya (*Hemileia vastatrix vastatrix* Berk. & Br.) del café

Para determinar la severidad de la roya se tomó la información de las mismas 24 plantas en las que se realizó el monitoreo de las plagas, en donde se observó los grados de severidad de la enfermedad, considerando el porcentaje de daño causado en todas las hojas de las ramas seleccionada, en el mismo momento en que se determinó la incidencia (Tabla 5).

Tabla 5

Escala de severidad para las enfermedades

Grado o calificación	Descripción
1	Sano o sin síntomas visibles
2	Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
3	Las manchas empiezan a unirse, llegando a ocupar del 6% al 20% del área sana
4	Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria, afectando del 21% al 50% del área sana
5	Mayor al 50% del área foliar se encuentra afectada

3.6.1.4 Determinación de la luminosidad

Para determinar la luminosidad en el área de estudio, se establecieron 24 puntos de muestreo por bloque en la dirección del movimiento del sol. Las mediciones se realizaron con un equipo (luxómetro) en las plantas del café que están bajo sombra y sin sombra dentro del SAF, a la altura media la planta del café, estos registros se tomaron cada 2 meses en diferentes condiciones ambientales, días soleados, lluviosos y nublados, en las horas de 07:00, 12:00 y 17:00, la medición fue expresada en luxes.

3.6.2 Producción de los granos de cerezo por SAF

Para determinar la producción se tomaron las mismas 24 plantas del café seleccionadas para el monitoreo de plagas y enfermedades, y consistió en el conteo de ramas productivas, conteo del número de rosetas por ramas, este conteo se realizó cuando los granos del café completaron su estado de madurez fisiológica (cereza); el peso del cerezo se realizó una vez que se cosechó utilizando una balanza, su peso fue expresado en kg, de cada uno de los sistemas agroforestales.

3.6.3 Relación beneficio – costo

Se realizó un análisis económico al final de la fase experimental, con los datos recopilados del productor en el cual se determinaron los costos fijos, costos variables del establecimiento, más el ingreso que generó el Sistema agroforestal, durante los 48 meses del estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de la evaluación del comportamiento del café bajo sistemas agroforestales establecidos en Imbabura, parroquia Peñaherrera. En el presente estudio se evaluaron las interacciones de sombra hacia el café de 48 meses de edad, los tratamientos fueron plantas de café bajo sombra de leucaena y plantas de café bajo sombra del plátano, y las variables fueron evaluadas a través del paquete estadístico Info Stat, versión 2017.

4.1 Interacciones agroforestales

4.1.1 Luminosidad

Al realizar el análisis estadístico referente a la luminosidad (Tabla 6) se observa, que no existe interacción entre el mes de evaluación - el SAF- la proyección de sombra - las horas de toma de datos tiempo ($F=0.39$; $gl=4$; $p=0.8150$), tampoco existe interacción SAF-sombra-tiempo ($F=1.21$; $gl=2$; $p=0.3000$), sin embargo si se evidencia interacción entre los períodos de evaluación (mes) – la proyección de luminosidad a los cultivos de café (sombra) – en las horas de toma de datos (tiempo) ($F=4.35$; $gl=4$; $p=0.0017$) con un coeficiente de variación del 28%.

Tabla 6

Análisis de varianza de la proyección de luminosidad en luxes de los SAF en los rangos de 07:00, 12:00 y 17:00 horas

F.V	GL_E	GL_T	Valor F	Valor P
Mes	2	825	297.02	<0.0001**
SAF	1	825	0.54	0.4637 ns
Sombra	1	825	100.63	<0.0001**
Tiempo	2	825	128.78	<0.0001**
Mes-SAF	2	825	0.11	0.8966 ns
Mes-sombra	2	825	33.38	<0.0001**

Mes-tiempo	4	825	63.09	<0.0001**
SAF-sombra	1	825	0.36	0.5477 ns
SAF-tiempo	2	825	0.75	0.4724 ns
Sombra-tiempo	2	825	16.01	<0.0001**
Mes-SAF-sombra	2	825	0.99	0.3736 ns
Mes-SAF-tiempo	4	825	1.69	0.1509 ns
Mes-sombra-tiempo	4	825	4.35	0.0017**
SAF-sombra-tiempo	2	825	1.21	0.3000 ns
Mes-SAF-sombra-tiempo	4	825	0.39	0.8150 ns

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

Las mayor luminosidad se evidenció en los meses de febrero y julio como se observa en la figura 9, particularmente a las 12:00 horas, a libre exposición solar que alcanzaron medias desde 2 231.9 luxes como mínimo y 3 163.33 luxes siendo el máximo, a la misma hora y a libre exposición solar, con efecto de nubosidad presentada en el sitio, en el mes de abril que se determina 1 022.1 luxes. En cambio bajo sombra a las 12:00 horas, la intensidad lumínica fue menor en un 55%, en el mes de julio donde se registró una media máxima de 1 742.5 luxes, febrero 902.9 luxes como mínima y abril 252.5 luxes además de estar bajo el efecto de la nubosidad (Anexo3), y los registros de luminosidad de las horas de 07:00 y 17:00 fueron menores a las luminosidades mencionadas tanto bajo sombra y a libre exposición solar, por lo tanto no se describe.

Los resultados obtenidos de la presente investigación realizados en la Parroquia Peñaherrera del canton Cotacachi Provincia Imbabura muestran ser muy semejantes a los obtenidos por Farfan (2014) donde indica que en Colombia independiente del SAF, la máxima intensidad de radiación se presenta entre las 11:00 y 13:00 horas en los cultivos cafetaleros, en tanto que Montes et al., (2018) señalan que la luminosidad dentro del cultivo de café de las Variedades Caturra Rojo, Bourbon y SL-28 a libre exposición solar, alcanzó un valor máximo de 2 640 luxes en las horas de 11:00 a 13:00; siendo los resultados similares a la investigación por presentar mayor luminosidad en las mismas horas, en comparación con la determinación de luxes el presente estudio determina el 27% mas cantidad a libre exposición solar y bajo el

efecto de sombra la luminosidad del estudio presenta menor en un 34%. Por otro lado a la misma localidad Ceballos (2016) señala que la media general de luminosidad a las 12:00 horas fue de 1 110 hasta 1 370 luxes a los 20 meses de edad SAF, con respecto al presente estudio fue menor la en un 53%.

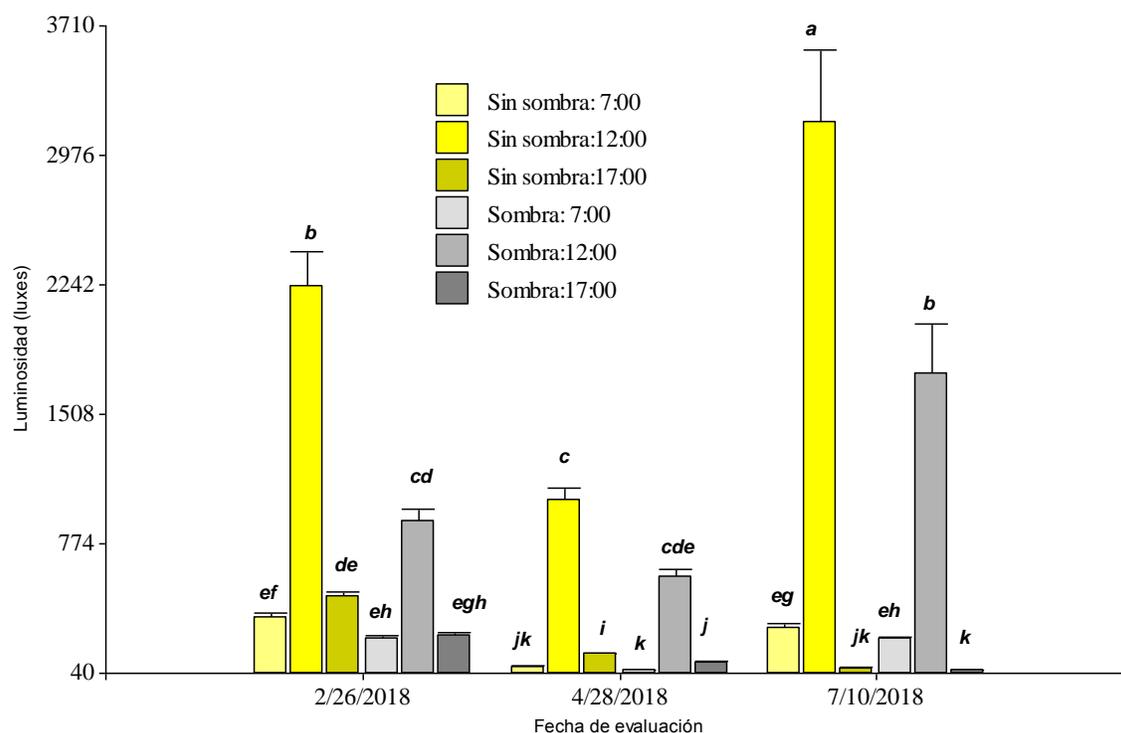


Figura 9 Proyección de luminosidad en luxes de los SAF en las horas de 07:00, 12:00 y 17:00 en distintas épocas de meses.

En el presente estudio se obtuvo una luminosidad del 55% menor bajo los arreglos agroforestales, que benefician al café, ya que su comportamiento bajo el efecto de luminosidad modificada favoreció al crecimiento, desarrollo y producción, por ello es necesario implementar sombras para el cultivo de *Coffea arabica* L.var. Typica.

4.1.2 Incidencias de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en las plantas del café

Los resultados del análisis estadístico para la variable incidencia de la roya, en los meses evaluados, no presenta interacción entre los meses de evaluación-SAF existentes- efecto de sombra ($F=0.59$; $gl=6$; $p=0.7375$), sin embargo existe diferencias para los factores de sombra

(F=8.68; gl=1; p=0.0042), SAF (F=7.77; gl=1; p=0.0066) y mes (F=3.35; gl=6; p=0.0053) (Tabla 7) con un coeficiente de variación del 29.25%.

Tabla 7

Análisis de varianza del porcentaje de incidencia de la roya

F.V	GLE	GlT	Valor F	Valor P
Mes	6	81	3.35	0.0053**
SAF	1	81	7.77	0.0066**
Sombra	1	81	8.68	0.0042**
Mes: SAF	6	81	0.25	0.9573
Mes: sombra	6	81	0.37	0.8986
SAF: sombra	1	81	1.83	0.1795
Mes: SAF: sombra	6	81	0.59	0.7375

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

A través del análisis de Fisher 5% se determinó la curva de incidencia de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. en los meses del monitoreo, con porcentajes heterogéneos sobre las plantas de café, donde febrero y marzo presentó el 85.42 %, abril, mayo y junio demostró el 64.58%, de la misma forma julio con 76.04 % como se presenta en la figura 10.

En un estudio realizado por Canet y Soto (2016) determinan que la propagación de la roya se presenta en eventos climáticos con lluvias intensas y prolongadas, temperaturas por sobre de 21°C a 25°C. Además, Instituto Nacional de Investigaciones agropecuarias (INIAP, 1993) señala que las lluvias generadas durante la tarde, favorecen el inicio de su fase germinativa para luego seguir con la penetración a través de los estomas de las hojas, a los 25 o 30 días después de ocurrida la fase infectiva del patógeno, podría observarse un ataque severo de la enfermedad en el cafetal, si se mantienen las condiciones favorables de temperatura en el ambiente.

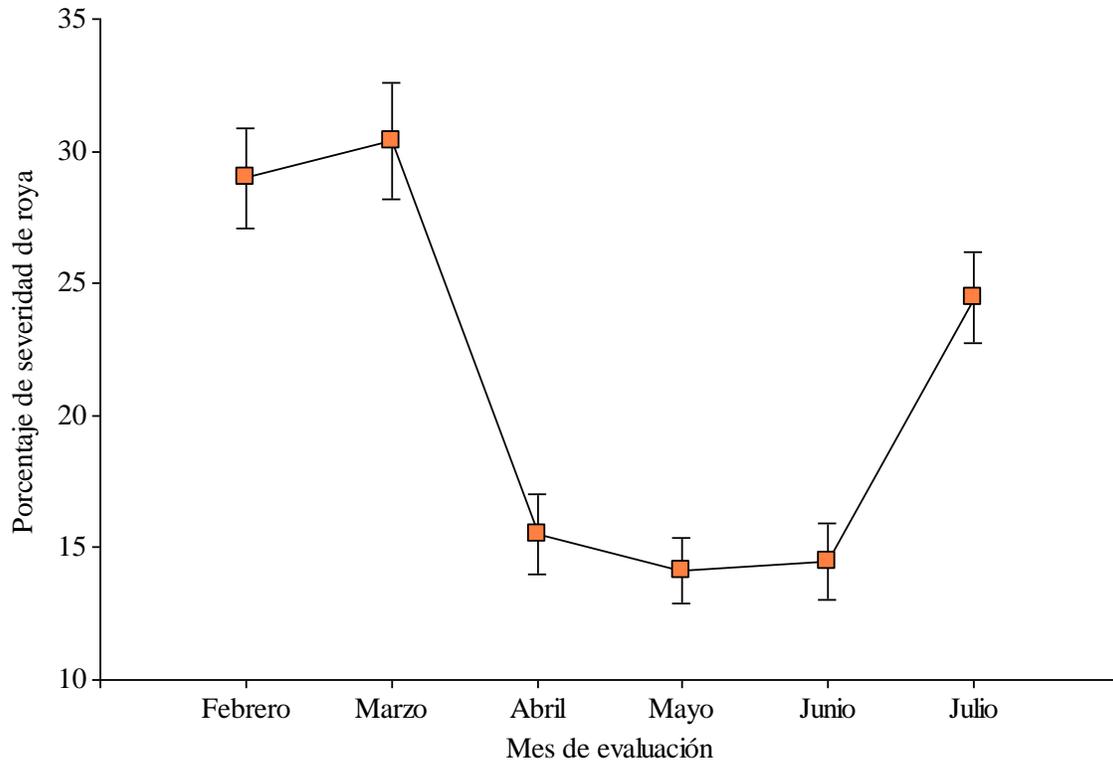


Figura 10 Curva de incidencia de la roya en los meses evaluados

La presencia de lluvia pudo haber favorecido la proliferación del patógenos en las plantas de café, según INAMHI (2017) los meses de evaluación (febrero, marzo, abril y mayo), en la zona de Intag donde se estableció el área de estudio presenta lluvia intensas de 1 500- 1 750 mm anual, lo cual indica el incremento de la enfermedad en los meses de febrero y marzo donde se observó un ataque severo, sin embargo abril, mayo y junio presenta bajos porcentajes, estando dentro de los meses con mayor precipitación su curva se mantuvo con baja incidencia, por la efectividad de control sanitario aplicado, a base de caldo sulfo cálcico cada vez que sea el inicio de lluvias intensas.

Además de la precipitación es necesario tener en cuenta la temperatura de la zona de Intag que registra entre 18 a 22°C (INAMHI, 2017) que posiblemente pudo haber contribuido en el desarrollo de la enfermedad. Así mismo Zambolim (2015) señala que el desarrollo de la roya se da bajo altas precipitaciones, sin embargo las velocidades de viento a largas distancias, ayudan a dispersar esporas, además la diseminación de urediniosporas que son transportadas a 1 000 m de altura por las corrientes de aire.

Por otro lado, INAMHI (2017) indica la velocidad promedio de viento en la zona de investigación, que presentó 1.8 Km/h en el mes de junio y 2 Km/h en julio a diferencia de los meses anteriores evaluados la velocidad promedio es menor a 1.5 Km/h, en la cual con la mínima presencia de agua se propaga con mayor incidencia, incluso estando en la época de sequía, en este caso la enfermedad de la roya aumento la incidencia en un 11%.

Los resultados del presente estudio se asemejan a los estudios antes mencionados ya que, el ascenso y descenso del patógeno en las plantas se debe a los eventos climáticos diversos que presenta el lugar y al manejo agronómico que designa al cafetal para obtener una rentabilidad adecuada (Anexo 2), además Jacques y Galileo (2013) afirma que aparte del agua, el rocío, puede facilitar la germinación del patógeno, más el viento permite la dispersión libre de esporas en las épocas de sequía.

En la Figura 11, se pueden observar que las plantas de café bajo el asocio leucaena/café presenta mayor proliferación de la enfermedad con una incidencia del 78%, en comparación con las plantas de café bajo el asocio del plátano/café que posee el menor porcentaje de incidencia del 67.86%.

Durante un año de evaluación en tres niveles de sombra bajo las especies (*Chloroleucon eurycyclum* (Benth.) Britton & Rose + *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F.Cook; pleno sol) combinados con tres intensidades de manejo agronómico (convencional con fungicida; sin fungicida; orgánico), expresó que independientemente de los SAF, la incidencia de la enfermedad se desarrolla en las plantas de mayor carga productiva, ya que crea microclima favorables para el desarrollo del patógeno, a diferencia de las plantas con producciones bajas, ya que la roya no tiene suficiente condición para producir la enfermedad (Virginio y Astorga, 2015).

Los resultados alcanzados en la presente investigación son similares al estudio antes mencionado ya que el desarrollo fisiológico de las plantas del café bajo el SAF *Leucaena leucocephala* Lam. De Wit/*Coffea arabica* L. presentó mayor carga de producción, lo cual se visibilizaba en los números de cerezos por rama y durante la recolección, se obtuvo más cantidad de cerezos, frente a las plantas de café, del SAF *Musa paradisiaca* L./*Coffea arabica*

L., más el efecto sombra, temperatura y humedad relativa creó un microclima favorable para el desarrollo del patógeno.

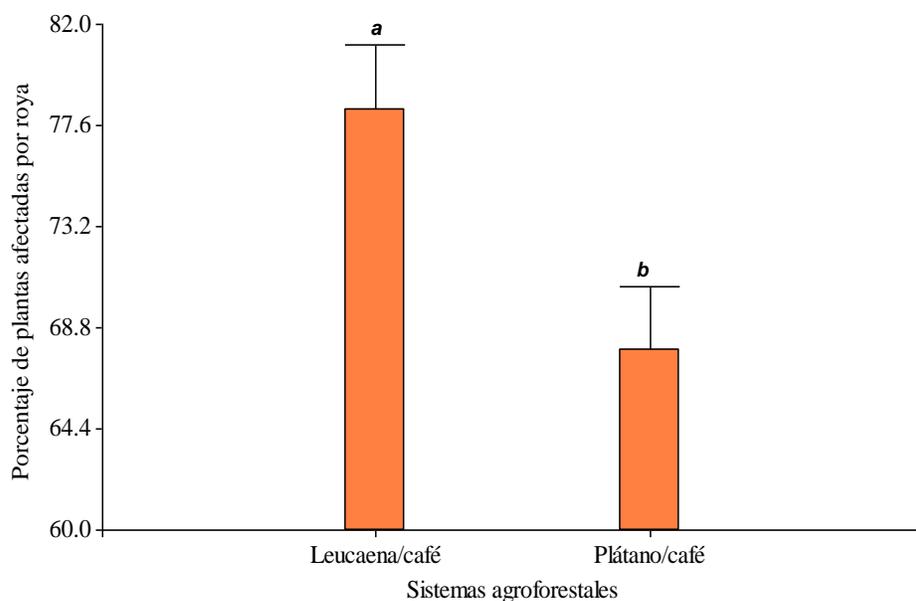


Figura 11 Porcentaje de incidencia de la roya bajo SAF

Sin embargo el efecto del factor sombra incide considerablemente un efecto negativo en la proliferación de la enfermedad en las plantas de café, como se puede observar en la figura 12, las plantas bajo el efecto de sombra presentan el 78.57% de incidencia a diferencia de las plantas con luminosidad directa que alcanza el 67.86%.

La incidencia bajo los SAF, las plantas de café independientemente de la edad del cultivo presentan desigual afección del patógeno, según el efecto de sombra, un cafetal joven presenta el 42.22% de incidencia y un cafetal viejo que alcanzó un porcentaje del 93.89% de incidencia y a libre exposición el 27% de incidencia (García, 2013). Como sucede con los resultados de la investigación, siendo un cafetal joven, con efectos de sombra adquirió mayor porcentaje de incidencia, esto pudo suceder debido a las esporas del cafetal aledaño se hayan diseminado de forma rápida por medio del viento o la lluvia para que se propague y presente altos porcentajes de incidencia al igual que en las plantas que no tienen efecto de sombra, según Jacques y Galileo (2013), el patógeno a través de diversos factores ecosistémicos,

desarrollan nuevos tipos de esporas y afectan otros hospederos, dando a una lucha por la supervivencia de la misma.

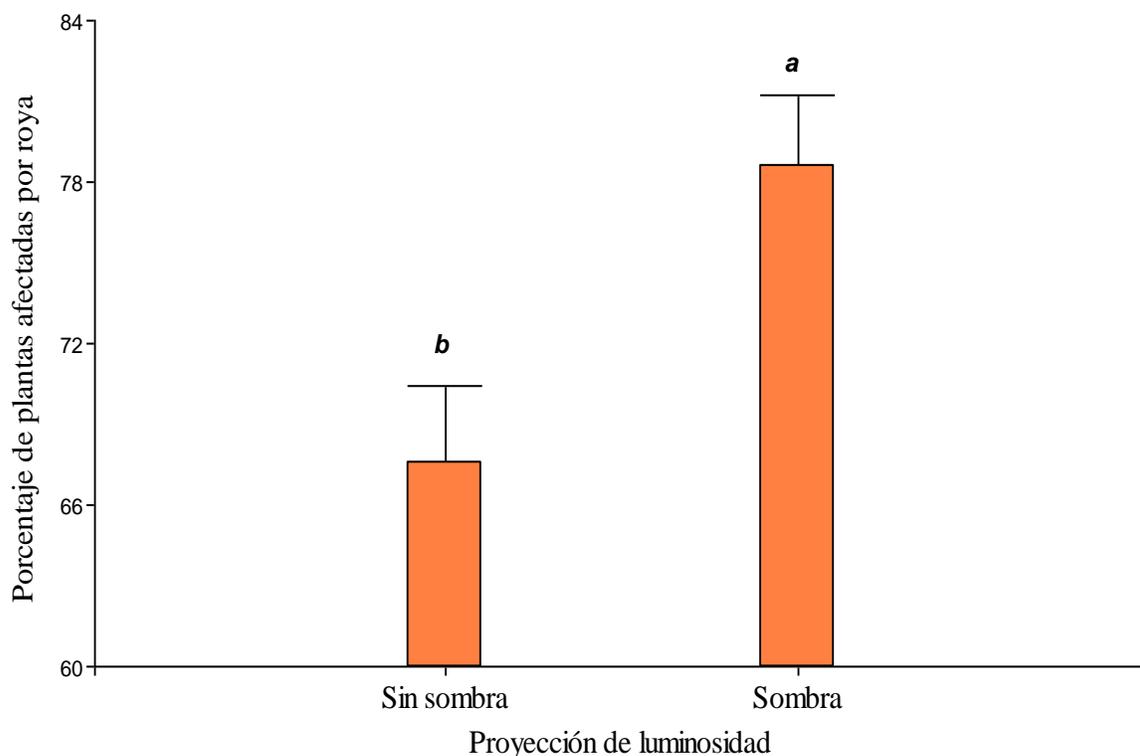


Figura 12 Porcentajes de incidencia de la roya en el café bajo luminosidad directa e indirecta

La alta incidencia del patógeno no tiene una relación directa con la época del año ya sea, en épocas secas o de invierno, la incidencia fue alta. La enfermedad estaría directamente relacionada con la presencia de un cultivo aledaño, en el cual presentaba una alta ocurrencia de la enfermedad, misma que pudo diseminar en la época de invierno, y en temporada seca a través del viento.

4.1.3 Porcentaje de la severidad de la roya

El análisis estadístico de la severidad de la roya, presenta que no existe efecto entre los meses evaluados de febrero a julio - los SAF-sombra ($F=0.55$; $gl=6$; $p=0.4566$), sin embargo los factores de sombra ($F=26.92$; $gl=1$; $p=0.0001$), y el factor mes ($F=17.45$; $gl=6$; $p=0.0001$), presento diferencias significativas (Tabla 8), con un coeficiente de variación de 29.25%.

Tabla 8

Análisis de varianza para la determinación de la severidad de la roya en los SAF

F.V	GLE	GLT	Valor F	Valor P
Mes	6	1747	17.45	<0.0001**
SAF	1	1747	3.61	0.0577
Sombra	1	1747	26.92	<0.0001**
Mes-SAF	6	1747	0.69	0.6601
Mes-sombra	6	1747	1.26	0.2741
SAF- sombra	1	1747	0.55	0.4566
Mes-SAF-sombra	6	1747	0.57	0.7558

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

El comportamiento de severidad, en los meses evaluados alcanzan el valor del 29.39%, en los primeros meses evaluados (febrero y marzo), y con valores mínimos del 14.27% (abril y mayo), se puede determinar que la curva de severidad es compleja, gracias a la variación de eventos climáticos que presenta la zona de estudio como presenta la figura 13 (Anexo 2).

Según los estudios realizado por García (2013) determina, que la roya del café se encuentra distribuida en todos los sectores de plantación cafetalera, bajo diferentes SAF; el cultivo de café en plena producción sin ningún tratamiento presentó el 58.89 % de severidad, por otro lado un cafetal nuevo presento el 9.72 % de severidad en el transcurso de la investigación.

Por otro lado Virginio y Astorga (2015) indican que algunas variedades de la especie *C. arabica* L., como Bourbon, Typica, Caturra, Catuai y Pacas contienen los genes de resistencia SH1, SH2, SH4 y SH5, los cuales pueden estar en diferentes combinaciones aun no identificadas completamente, pero tienen susceptibilidad a la raza II de la roya anaranjada, la cual contiene el gen de virulencia v5, lo que explica que en combinación de genes y virulencia (SH5v5) provoca la susceptibilidad a la enfermedad en cualquier etapa filológica del cultivo, por otro lado en un estudio de Severidad de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. en plántulas de cuatro variedades de *Coffea arabica* L.: Caturra, Catuai, Paca y Typica de cinco

meses se infestó con esporas de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), por medio de contacto directo con riego y temperaturas idóneas para la proliferación de la enfermedad y se determina que la variedad caturra posee mayor delicadeza y que las variedades Catuai, Paca y Typica poseen el grado de susceptibilidad del 1% a condiciones controladas bajo vivero (Estrada, 2015).

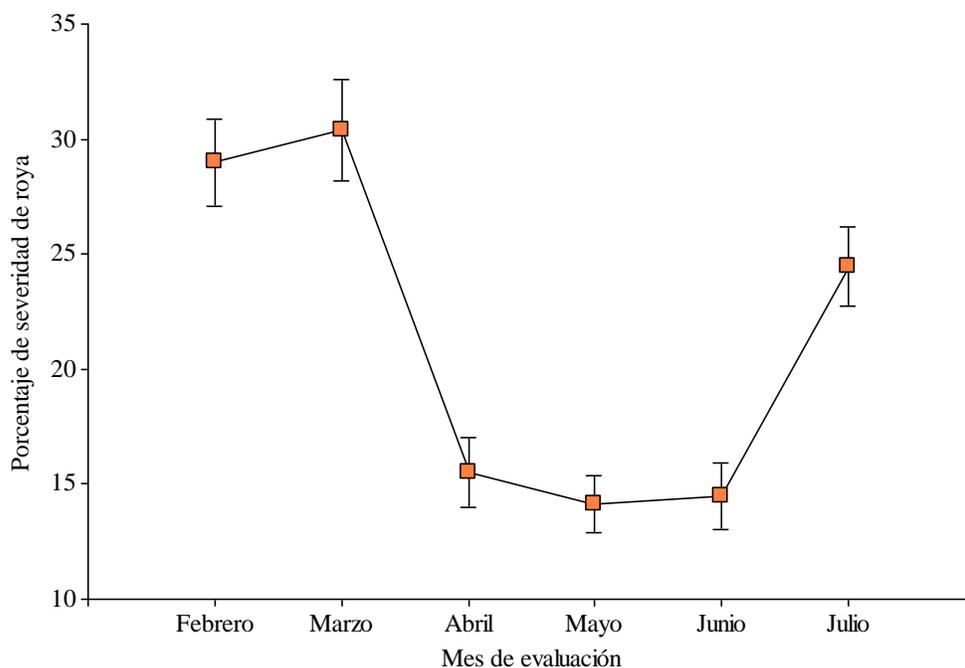


Figura 13 Curva de severidad de la roya en los meses evaluados

La determinación de la severidad en la presente investigación alcanzo el 29.39% correspondiente a la variedad Typica, teniendo en cuenta que es un cafetal joven, el porcentaje de severidad fue alto en comparación con los estudios antes mencionado, por lo que, la época de año no es una condición única para la proliferación del patógeno, ya que también se debe al grado de susceptibilidad que tiene la planta, por tal razón se debe tener un plan de manejo fitosanitario preventivos.

En la figura 14 indica que las plantas de café bajo sombra posee una severidad del 24.10% a diferencia de las plantas del café sin sombra, expresan el 14.85% de severidad lo que se considera que la variedad Typica es susceptible a la roya bajo sombra independientemente del sistema agroforestal existente.

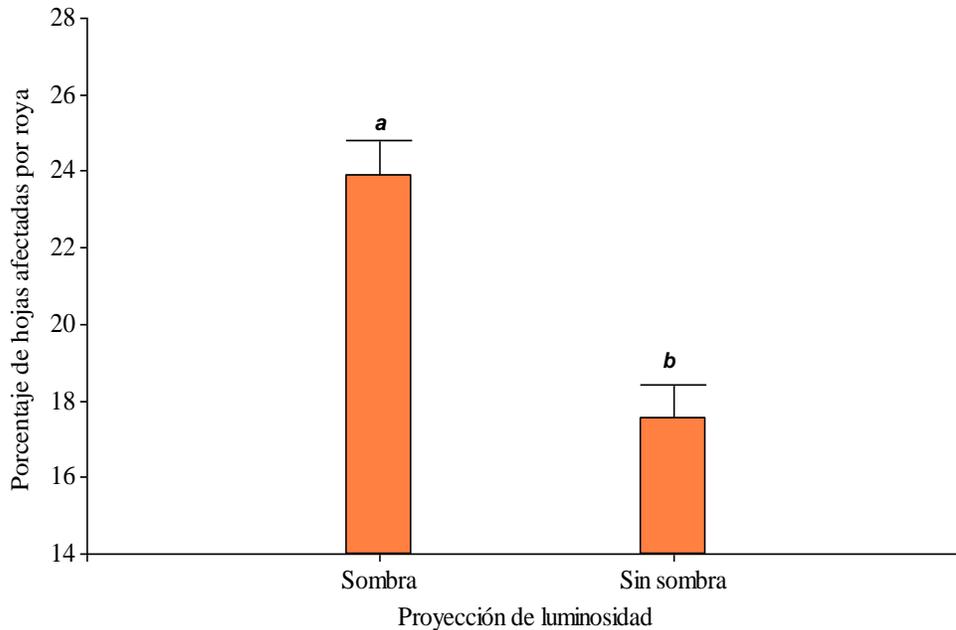


Figura 14 Porcentaje de severidad de roya bajo sombra

La interacción positiva o negativa de la severidad de la roya, depende a la localidad, edad del cafetal y la variabilidad genética. Montagnini et al., (2015) manifiesta que uno de los efectos de sombra implica varios procesos contradictorios como es la proliferación de la roya, en las plantas de café con alta productividad, en relación sin efecto de sombra, las plantas de café son menos afectadas por este hongo. Así mismo, Rosas (2017) afirma que *Coffea arabica* L. var. *Typica* tiene genes de susceptibilidad a la roya, y que independientemente del efecto de sombra estas podrían obtener un alto grado de proliferación en las plantaciones cafetaleras.

En el presente estudio se pudo evidenciar que la variedad *Typica* fue susceptible al patógeno y que si a esto se le suma el efecto de la sombra puede presentar una alta severidad de la enfermedad sin importar la edad del cultivo, es por esta razón es de vital importancia realizar controles preventivos.

4.1.4 Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferrari)

Para la variable incidencia de broca (Tabla 9) el análisis estadístico no presenta incidencia entre SAF-sombra ($F=0.19$; $gl=1$; $p=0.6742$), al igual que en el factor sombra ($F=1.69$; $gl=1$;

p=0.2255), en cambio el factor SAF presenta diferencias significativas (F=4.78; gl=1; p=0.0565), con un coeficiente de variación de 29.41%.

Tabla 9

Análisis de varianza de la incidencia de la broca en los cerezos de los SAF

F.V	GLE	GLT	Valor F	Valor P
SAF	1	9	4.78	0.0565**
Sombra	1	9	1.69	0.2255ns
SAF-Sombra	1	9	0.19	0.6742ns

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

En la figura 15 se evidencia la presencia mínima de incidencia de la broca en los frutos de cerezo del café del sistema agroforestal plátano/café bajo sombra en una media de 1.02 % a diferencia del sistema agroforestal leucaena/café que tiene el 0.26%.

Según Ormeño, García, Garnica y Ovalle (2017) la broca habita en los granos, durante o después de la cosecha, migran a los frutos caídos en el suelo o vuelan a los que se quedaron en las plantas de café, donde pueden vivir y reproducirse, manteniéndose en estos hasta el nuevo ciclo productivo del cultivo.

Por otro lado Sánchez (2011) informa sobre la variación de la temperatura diaria en un agroecosistema formado por árboles de *Abarema idiopoda* (S.F.Blake) Barneby & J.W.Grime + *Erytrina poeppigiana* (Walp.) O.F.Cook (sombra densa) y arbustos de café sin sombra, sigue un patrón sinusoidal, donde las temperaturas son menores en condiciones de sombra densa, lo que evita temperaturas extremas, situación que favorece el desarrollo de *H. hampei* Ferrari.

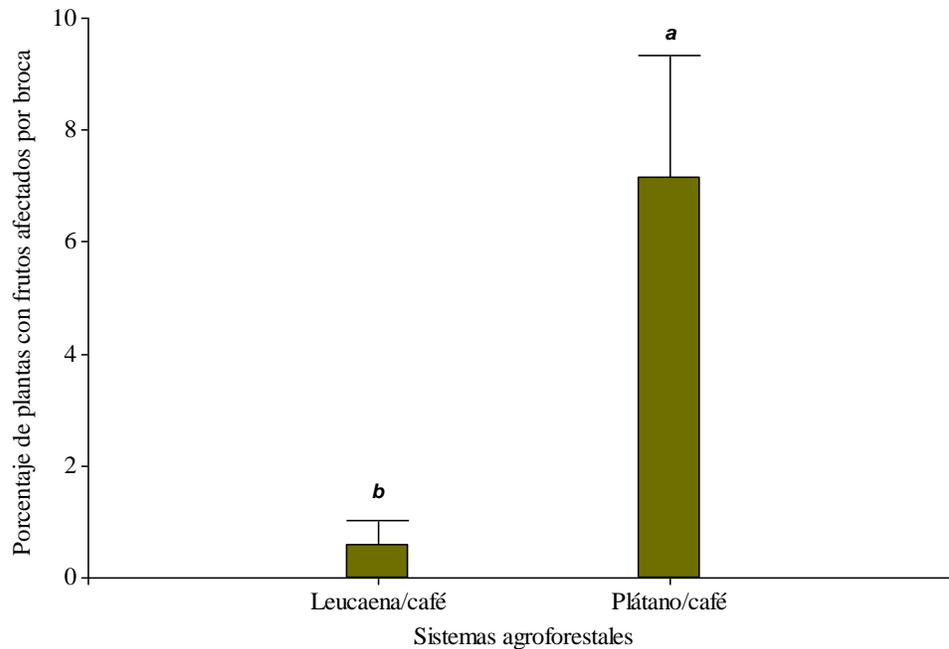


Figura 15 Incidencia del porcentaje de la broca en los sistemas agroforestales

En la presente investigación se observó que, independientemente del asocio aplicado existe una incidencia mínima de la plaga en los primeros años, no obstante requiere realizar controles preventivos para garantizar las futuras producciones. Además de asegurarse que no exista la presencia de frutos de cerezo y frutos caídos, los cuales pueden ser hospederos de la plaga.

4.1.5 Altura de planta de Leucaena y Plátano

Una vez realizado el análisis estadístico de la variable altura de planta de la Leucaena y el Plátano, no presentan interacción entre Medición -Tiempo ($F=4.69$; $gl=2$; $p=0.0112$), sin embargo el factor Especie ($F=259.10$; $gl=1$; $p=0.0001$) y el Factor medición ($F=28.88$; $gl=2$; $p=0.0001$), presentó diferencias significativas (Tabla 10), con un coeficiente de variación del 31.73%

Tabla 10

Análisis de varianza de la altura de las plantas de especies de sombra (leucaena y plátano)

F.V	GLE	GLT	Valor F	Valor P
Medición	2	105	28.88	<0.0001*
Especie	1	105	259.10	<0.0001*
Medición-especie	2	105	4.69	0.0112

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

La figura 16 indica el aumento de la altura de las especies de sombra desde el inicio de la evaluación. Se puede observar que el crecimiento de leucaena es indeterminado, en febrero presentó altura media de 4.72 m, así llegando a la altura media de 5.59 m para julio, a diferencia de las plantas del plátano que su altura media fue de 2.34 m en febrero y en los siguientes meses abril/julio las plantas llega a su altura media máxima de 3.48 m, por lo que se puede determinar que los algunos de los pseudotallos concluye la fases fenológicas, así dando lugar a nuevos rebrotes laterales.

Las alturas de las especies forestales son mayores ya que es el encargado de formar el estrato más alto, dentro un SAF a diferencia de las alturas de las plantas frutales que proyecta sombra transitoria, además de pertenecer al estrato medio (Oficina Nacional Forestal, 2013). Las alturas en las especies de sombra permanente como el de leucaena visiblemente debe ser superior que las plantas del plátano mientras transcurre el tiempo durante los primeros años de formación del SAF.

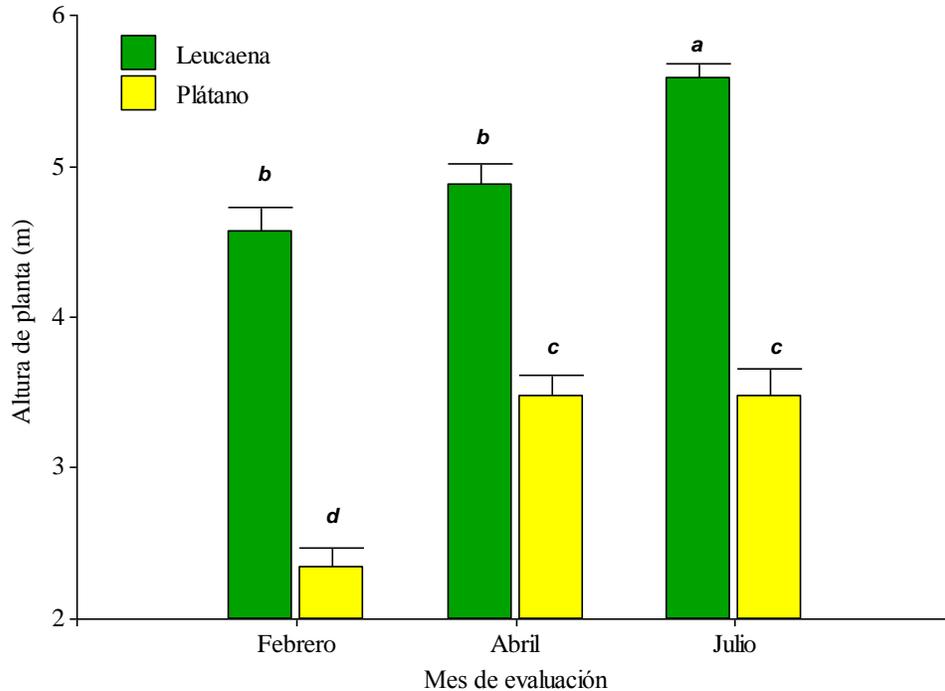


Figura 16 Altura de las plantas de las especies de sombra a la edad de 48 meses.

En el presente estudio las plantas del plátano tiene crecimiento heterogéneo ya que alcanzan alturas que oscilan desde 2.5 a 4 metros, además esta especie presenta muchos rizomas laterales que crecen y sustituyen un pseudotallo que cumple el ciclo fenológico, de los cuales por cada sitio de siembra la reproducción vegetativa aumenta a lo largo del tiempo con mínimo de 4 a 7 pseudotallos, en cambio la especie forestal al poseer un solo eje y tener un crecimiento indefinido demuestra altura muy superior que la especie frutal. Así como se evidencia en el SAF establecido.

4.1.6 Diámetro de copa de las especies de leucaena y plátano

Al realizar el análisis estadístico del diámetro de copa de las plantas del SAF no se encontró interacción entre medición y especie ($F=4.23$; $gl=2$; $p=0.0171$), sin embargo se encontraron diferencias significativas en el factor especie ($F=112.39$; $gl=1$; $p=0.0001$), de igual manera el factor medición ($F=18.35$; $gl=2$; $p=0.0001$) (Tabla 11), con un coeficiente de variación de 24.46%.

Tabla 11

Análisis de varianza de diámetro de copa de las plantas de Leucaena y Plátano

F.V	GLE	GLT	Valor F	Valor P
Medición	2	104	18.35	<0.0001*
Especie	1	104	112.39	<0.0001*
Medición-especie	2	104	4.23	0.0171

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

El diámetro de copa de las plantas de leucaena y plátano según el análisis estadístico comparten rangos entre las misma especie, como se puede observar en la figura 17, el crecimiento del diámetro de copa de las plantas forestales se observan que son superiores, en comparación con el diámetro de copa de la planta frutal.

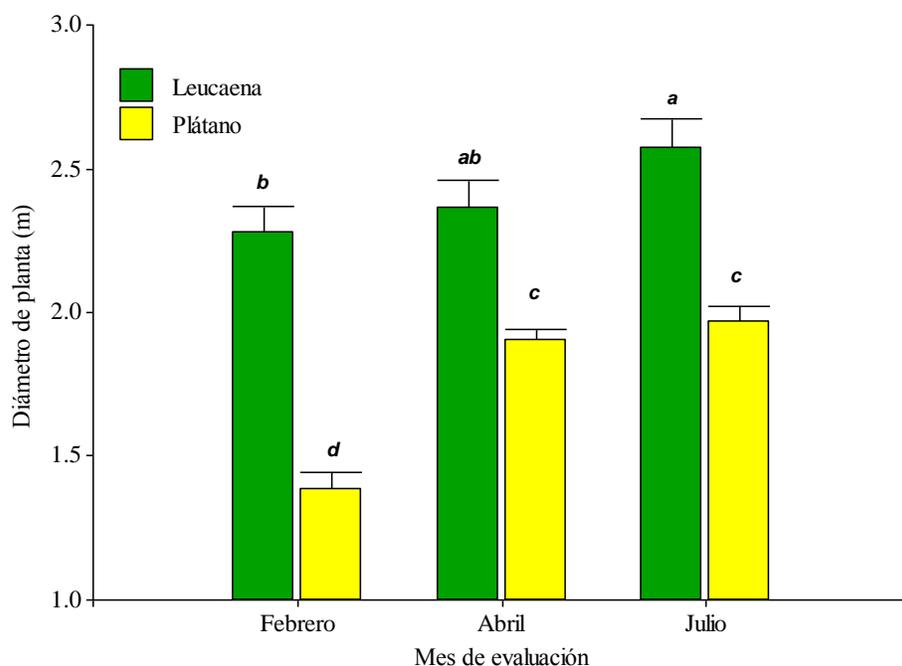


Figura 17 Diámetro de copa de las especies de sombra a la edad de 48 meses

En las especies forestales los diámetros de copa se desarrollan de forma lenta, según Guale, Suárez y Tomalá (2005) el diámetro de copa en especies forestales, a los cinco años presentaron: caoba 1.77 m, cedro 3.3 m, laurel 2.85 m independientemente a que familia pertenezca, en comparación al estudio realizado los diámetros de los árboles de leucaena

están dentro del rango del desarrollo de la copa para proyectar sombra a las plantas de café ya que su diámetro final de evaluación alcanzó 2.51 m.

El diámetro de copa de las especies de sombrío demuestra que, en el sistema agroforestal implementado de forma simultánea, las proyecciones de sombra fueron heterogénea para el cultivo de estrato bajo a la edad que tiene el SAF, considerando que las plantas de sombra transitoria aumentan los rizomas laterales, que ocasionan competencia de espacio con las plantas del café. Después de la primera producción a la edad de cuatro años seis meses se debe empezar a eliminar rizomas antes de que genere problemas de competencia entre plantas y en la absorción de nutrientes.

4.1.7 Altura de las plantas de café

Para la variable altura de planta del café el análisis estadístico no presenta interacciones entre mes de evaluación - y el efecto de sombra ($F=3.12$; $gl=2$; $p=0.0456$), a diferencia del factor sombra que hubo diferencias significativas ($F=19.44$; $gl=1$; $p=0.0001$), y del mismo modo que el factor mes demostró diferencias significativas ($F=40.24$; $gl=2$; $p=0.0001$) (Tabla 12), con un coeficiente de variación del 31.73%.

Tabla 12

Análisis de varianza de la altura de las plantas de café

F.V	GLE	GLT	Valor F	Valor P
Mes	2	279	40.24	<0.0001**
Sombra	1	279	19.44	<0.0001**
Mes-sombra	2	279	3.12	0.0456 ns

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

El efecto sombra en la figura 18 señala que las plantas de café no comparten el mismo rango, además indica que las plantas de café variedad Typica bajo sombra tiene un crecimiento superior que las plantas sin sombra. El crecimiento del café sin sombra alcanzó una altura promedio de 1.55 m, y las plantas bajo sombra presenta altura promedio de 1.75 m.

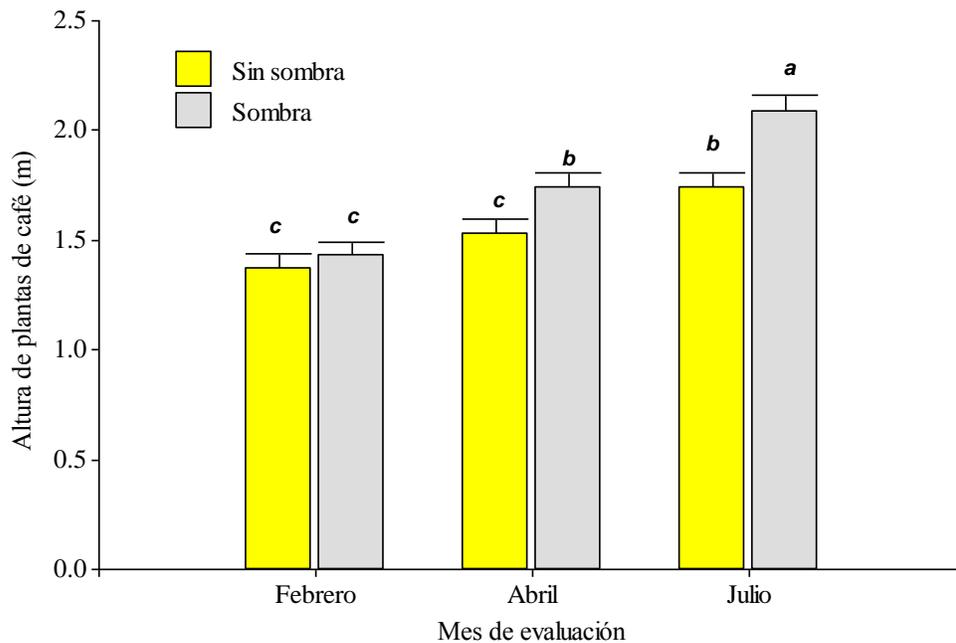


Figura 18 Altura de las plantas de café de acuerdo a los meses evaluados

En un estudio realizado en México sobre la altura de planta de café de la var. *Typica* en su crecimiento libre alcanzó alturas de 4 m hasta 6 m a los cinco años de edad (Rosas, 2017). Sin embargo, Capa (2015) menciona, que el cultivo de *C. arabica* L. en sus estudios alcanzó alturas de 71 a 73 cm a los dos años de edad y al finalizar el tercer año se obtienen alturas de 135 cm en el tratamiento con mayor dosis de fertilización mineral y de 132cm para la fertilización orgánica con dosis altas, además menciona que las dosis menores tanto minerales como orgánicas, obtuvieron alturas de 125 cm y 132 cm respectivamente.

Los valores obtenidos en el presente estudio sobre el crecimiento de los cafetos siguen la misma secuencia de aumentar la altura a través del tiempo independientemente del efecto sombra, el mayor crecimiento se refleja después del cuarto año, la secuencia que presenta en el crecimiento indica que en el manejo orgánico, el sistema agroforestal implementado, cubren las necesidades requeridas de nutrientes del cultivo del café.

4.1.8 Diámetro de copa de las plantas del café

El análisis estadístico del diámetro de copa de las plantas de café bajo los SAF (Tabla 13) no presentó interacciones agroforestales entre los meses evaluados, sombra que proyecta los SAF ($F=1.37$; $gl=2$; $p=0.2571$), sin embargo el factor sombra presenta diferencias significativas ($F=74.20$; $gl=1$; $p=0.0001$), igual que el factor mes ($F=3.51$; $gl=2$; $p=0.0313$), con un coeficiente de variación de 32.94%.

Tabla 13

Análisis de variancia del diámetro de copa del café

F.V	GLE	GLT	Valor F	Valor P
Mes	2	279	3.51	0.0313
Sombra	1	279	74.20	<0.0001
Mes:sombra	2	279	1.37	0.2571

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

Una vez efectuada la prueba de Fisher al 5% en la figura 19 se observa el incremento del diámetro de copa de las plantas del café de acuerdo al transcurso del tiempo, desde el mes de febrero el crecimiento en general de las plantas del café se observa incremento mensual en rangos promedios de 0.45 m hasta 0.50 m que llega al mes de julio.

Los resultados del presente estudio son inferiores a los que reporta Capa (2015), los incrementos mensuales en el ancho de copa de las plantas de café variedad Caturra a libre exposición solar bajo la fertilización mineralizada presenta rangos desde 310 cm hasta 387 cm y bajo las fertilización orgánica los rangos fueron desde 254 cm hasta 354 cm en plena producción.

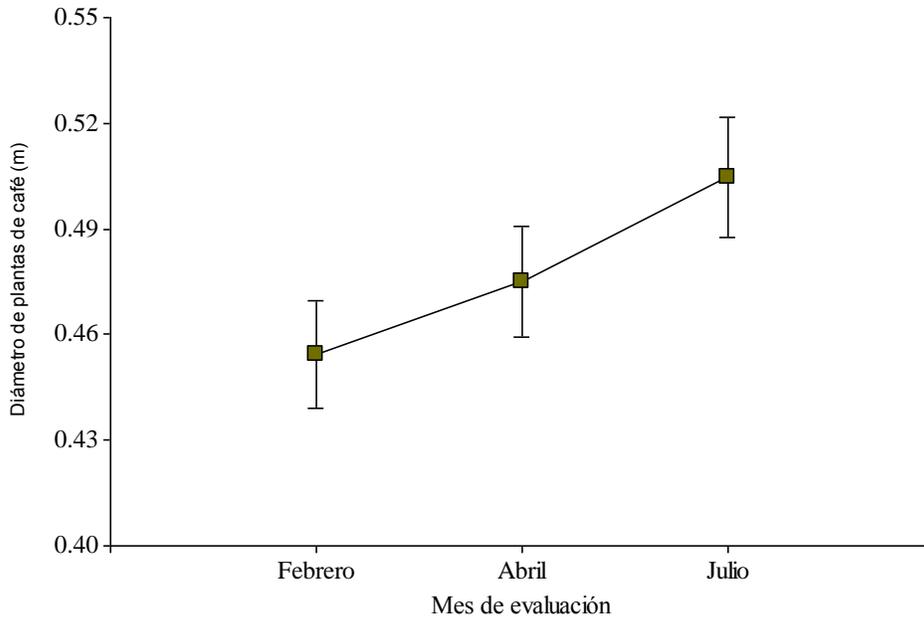


Figura 19 Crecimiento del diámetro de copa de las plantas de café

Podría ser bajos en comparación al estudio antes mencionado por ser las plantas en primera producción, por tal razón la copa del cafetal está en proceso de formación, que las plantas de plena producción y sus años de vida se considera desde los 6 años en adelante.

Diferencias significativas de diámetro de copa bajo sombra

En cuanto al efecto de luminosidad la figura 20 indica que las plantas de café bajo sombra poseen un diámetro de copa en una media de 0.55 m bajo sombra respecto a las plantas de café sin sombra con una media de 0.41 m.

De acuerdo al estudio de Montes et al., (2018) en la caracterización morfológica de las plantas de café en plena producción, a libre exposición solar los diámetros de copa fueron var. Caturra rojo 169.4cm, var. SL-28 131.6 cm y Bourbon cidra 158.9 cm. Sin embargo Contreras (2013), quien evaluó la capacidad productiva de la var. Typica, indica los diámetros de copa de 187 cm y 221 cm a los cinco años bajo sombra. Además el mismo autor menciona que el diámetro de la copa está relacionado con la altura de la planta, en definitiva el diámetro de copa es muy heterogénea según las variedades existentes en la especie *C. arabica* L.

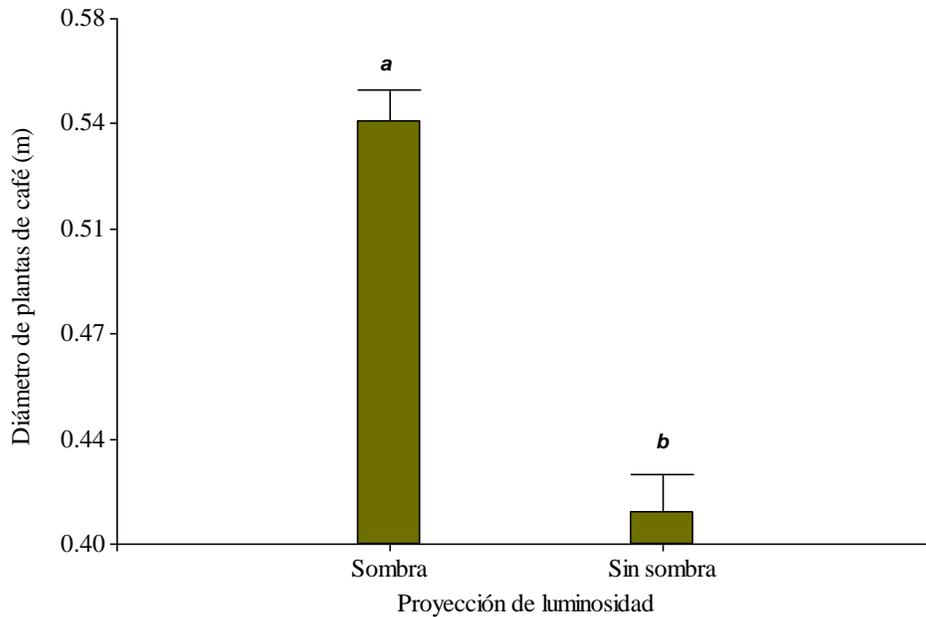


Figura 20 Diámetro de copa del café bajo la proyección de luminosidad

La presente investigación a los 48 meses de edad, la variedad Typica indica que el diámetro de copa fue superior en un 18% bajo sombra, por los resultados determinados del comportamiento bajo sombra y a libre exposición solar las plantas de café está relacionado con la altura, y se concuerda con los resultados del estudio antes mencionado.

En los arreglos agroforestales, la altura y el diámetro de copa que presento el café, demuestra que variedad Typica no soporta una implementación simultánea, ya que requieren una proyección de sombra homogénea para tener una igualdad de crecimiento.

4.2 Producción

4.2.1 Número de ramas productivas

El análisis estadístico de ramas productivas de las plantas del café no presenta diferencias significativas entre SAF-Sombra ($F=21$; $gl=1$; $p=0.6505$), al igual que en el factor SAF ($F=1.52$; $gl=1$; $p=0.2215$), en cambio para el factor sombra ($F=23.94$; $gl=1$; $p=0.0001$) presento diferencias significativas (Tabla 14), con un coeficiente de variación de 21.13%

Tabla 14

Análisis de varianza del número de ramas productivas del café

F.V	Gl_E	Gl_T	Valor F	Valor P
SAF	1	89	1.52	0.2215
Sombra	1	89	23.94	<0.0001
SAF-Sombra	1	89	0.21	0.6505

FV= Fuentes de variación. GLT= Grados de libertad tratamientos. GLE= Grados de libertad experimental. ns = no significativo *= significativo al 5% **= significativo al 1%.

En la figura 21 se puede observar que las plantas de café necesitan sombra para tener mayor número de ramas productivas, bajo sombra presentó el 20.38 ramas en promedio en toda la planta, a diferencia que las plantas sin sombra obtuvo una media de 3.13 ramas de toda la planta, lo cual es muy inferior a las plantas bajo sombra en un 80%.

Los resultado obtenidos por Farfán y Sánchez (2016) indican que las plantas de *C. arabica* L. toleran disminuciones hasta del 45% de la radiación solar, sin sufrir reducciones en el crecimiento y en el índice de área foliar, reducciones superiores a este valor ocasionan una menor cobertura del suelo por las plantas de café y como consecuencia una disminución en el crecimiento y producción.

Además Salazar, Orozco y Clavijo (1988) en su investigación a los 30 y 60 meses de edad, la especie arabicas variedad Caturra y Colombia, bajo sombra, indica que tienen promedio de número de ramas productivas de 35 y 43. En comparación al estudio anterior los resultados de la investigación son bajos en 51% las plantas bajo sombra, por lo que se concuerda con (Farfán y Sánchez 2016) que la plantas no respondieron eficazmente a una implementación simultanea de los sistemas agroforestales, dando como consecuencia ramas productivas inferiores a una plantación cafetalera más nueva. (Anexo 4).

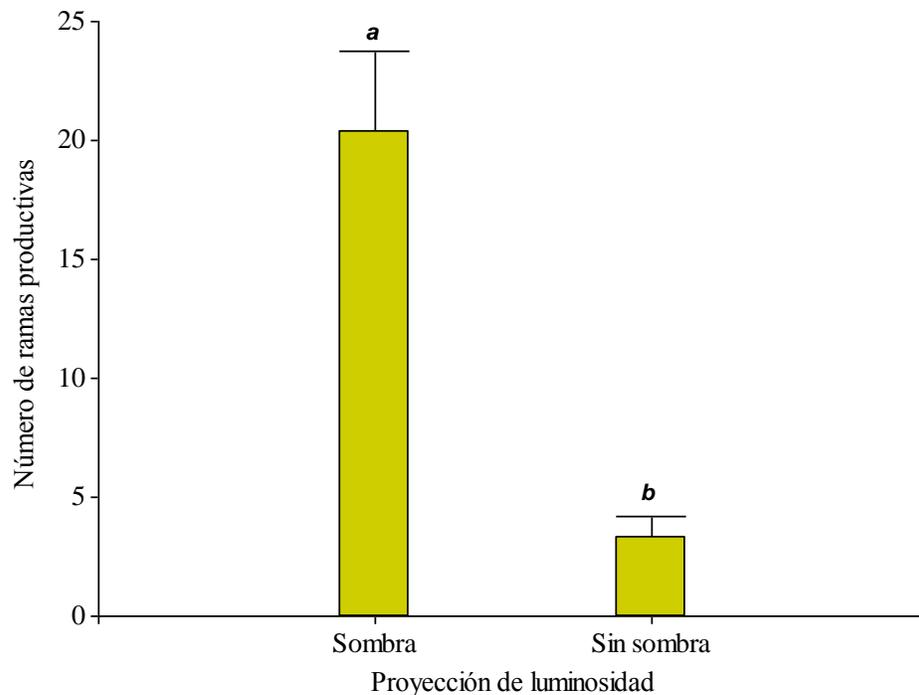


Figura 21 Ramas productivas bajo la proyección lumínica

La presente investigación indica que para tener mayor cantidad de ramas productivas por planta está relacionado con el crecimiento y desarrollo, además señala que la variedad en estudio si no está con sombra modificada homogéneamente a los 1 720 msnm presenta como consecuencia menor crecimiento y menor número de ramas reproductivas.

4.2.2 Número de nudos por rama

Los resultados del análisis estadístico para la variable número de nudos por rama de las plantas del café no se encontró interacción entre SAF-Sombra ($F=2.55$; $gl=1$; $p=0.1117$), al igual que en el factor SAF ($F=0.04$; $gl=1$; $p=0.8483$), a diferencia del factor sombra ($F=28.34$; $gl=1$; $p=0.0001$), presentó diferencias significativas (Tabla 15), con un coeficiente de variación de 38%.

Tabla 15

Análisis de varianza del número de nudos por rama

F.V	Gl_E	Gl_T	Valor F	Valor P
SAF	1	281	0.04	0.8483
Sombra	1	281	28.34	<0.0001
SAF-Sombra	1	281	2.55	0.1117

En la figura 22 se observa el efecto de sombra sobre la producción de número de nudos por rama, donde se muestra más cantidad de nudos bajo sombra, compartiendo rangos frente a los dos arreglos. Por otro lado, las plantas que están expuestas directamente a la luminosidad presentan menor cantidad de números de nudos en un 28%.

Según Chamba (2018) las plantas de café (*Coffea arabica* L.) que están expuestas a sombra en diferentes porcentajes poseen el comportamiento heterogéneo; el tratamiento de 75 % de sombra en su estudio presentó menor cantidad de nudos, al igual que las plantas sin sombra, a diferencia, de las plantas del 25% y 50% de sombra tuvo mayor número de nudos, mostrando así una tendencia de aumento lineal en producción.

En cambio Romero (2010) en su investigación descubre que el número de nudos por planta depende del sistema de manejo que lleve el agricultor que puede ser orgánica e inorgánica, y se determinó una mayor cantidad de nudos productivos por planta bajo el manejo orgánico con 113, además de los 274 y 347 nudos productivos bajo el sistema convencional (bajo SAF).

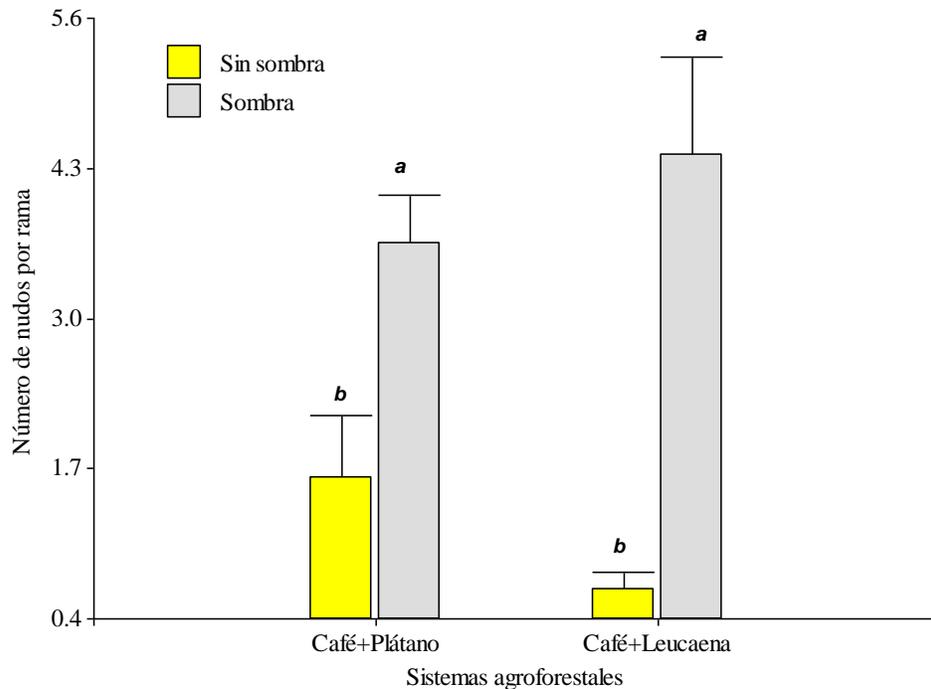


Figura 22 Número de nudos en las plantas de café bajo los sistemas agroforestales

Por otro lado Montenegro (2010) indica que el número de nudos productivos del café en planta sin sombra y bajo sombra de árboles forestales no leguminosa presentaron menor número de nudos productivos a diferencia de la especie leguminosa poro (*Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F.Cook) que favorece a la mayor producción de nudos productivos del cerezo.

El efecto de la sombra en los cafetales concuerda con los estudios antes mencionados ya que se obtiene un aumento del número nudos por rama bajo sombra, una media de 4.03, a diferencia de las plantas sin sombra que tiene menor cantidad en una media de 1.14, además se observa (Figura 22) que bajo el SAF café/leucaena se cuenta con una mayor cantidad de nudos por rama, frente al SAF café/plátano.

La cantidad de número de nudos por rama que presenta el café bajo sombra se debe a la interacción que ocasiona el SAF, por lo que se determina que la especie leguminosa que proyecta sombrero, contribuye con follajes que al caer y descomponerse en el suelo ayuda a

mejorar la fertilidad y que el arreglo transitorio (frutal), estaría dentro de las especies que compite por nutrientes.

4.2.3 Producción de café

El análisis estadístico de la producción de cerezos de café no se encontró diferencias significativas entre SAF-Sombra ($F=2.61$; $gl=4$; $p=0.0580$), sin embargo en el factor cosecha ($F=7.10$; $gl=4$; $p=0.0005$) presento diferencias significativas y al igual que en el factor SAF ($F=22.88$; $gl=1$; $p=0.0001$) (Tabla 16), con un coeficiente de variación de 39.17%.

La producción de café bajo los SAF se observa que no son uniformes en todas las épocas de recolección, siendo el SAF Leucaena/café con mayor cantidad de cerezos en todas las pases frente al SAF Plátano/café que sus rendimientos fueron inferiores como se observa en la figura 23.

Tabla 16

Análisis de varianza de la producción de los granos de café

F.V	GlE	GlT	Valor F	Valor P
SAF	1	27	22.88	0.0001
Cosecha	4	27	7.10	0.0005
SAF-cosecha	4	27	2.61	0.0580

Los rendimientos del café, dependen de la altura de las plantas, del número de ramas/planta, la edad del cultivo, entre otros (Ortega, 2012), el presente estudio concuerda con los resultados, ya que plantas bajo sombra adquirieron más altura, por ende presentaron mayor cantidad de numero de ramas productivas, mayor número de nudos y como resultado final lógicamente presentó más cantidad de rendimiento a los 4 años de edad. Por otro lado World coffee research (2016) menciona que las primeras producciones de *Coffea arabica* L. var. Typica se obtiene a partir de los cuatro años de edad. Con los datos obtenidos del área de cultivo se determina que la primera producción en la localidad del estudio fue a los 3 años,

aunque no se tiene las cantidades exactas, por lo tanto, no se concuerda con el resultado anterior antes mencionada.

Zarate (1987) manifiesta que la leucaena por ser una leguminosa presenta nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces y su follaje presenta una rápida descomposición. Esto justificaría la cantidad significativa de los granos de café bajo el sistema de leucaena, ya que por su fácil descomposición de la materia vegetal ayudaría a la asimilación de minerales a la planta del café y que ayudaría a mejorar la textura del suelo consecuentemente.

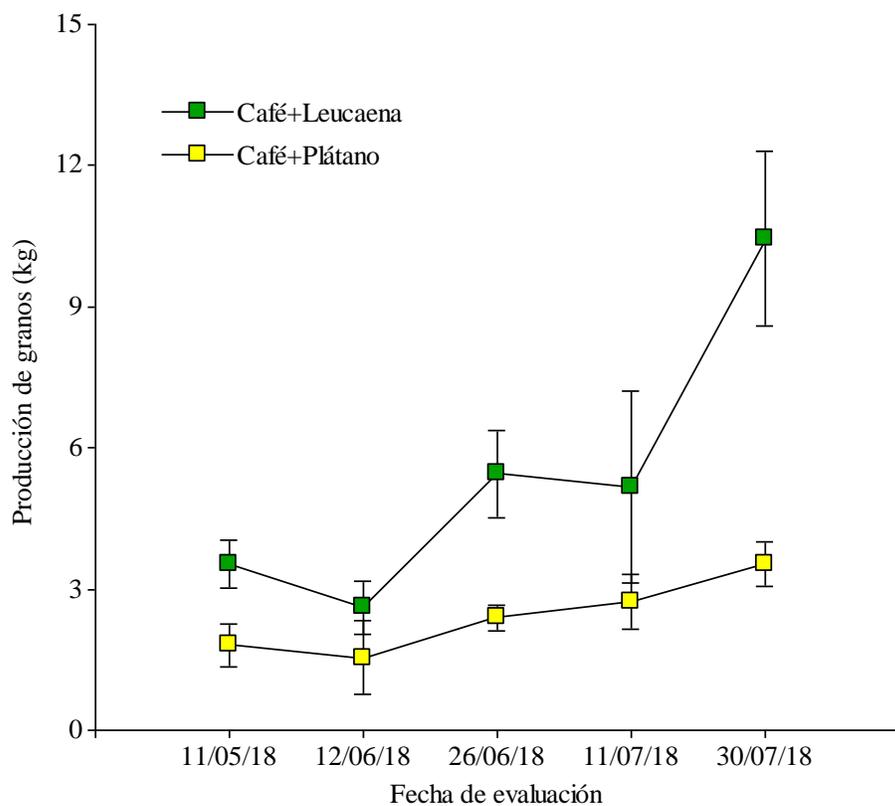


Figura 23 Producción total de cerezo del SAF

La presencia de la leucaena a más de brindar sombra a los cafetales ayuda a mejorar la fertilidad del suelo ya que se refleja en la producción, bajo el SAF Café/Leucaena que presentó mejores resultados con la cantidad total de cerezos frescos de 108.7 kg, en cambio el SAF café/plátano con una producción de 47.95 kg de peso fresco, siendo menor en un 44% de producción en un área de 960m²(Anexo5).

De la misma forma Ortega (2012) indica la producción de *Coffea arabica* L. bajos sistemas agroforestales y monocultivos sin sombra en plena producción, con rendimiento del 2 443 kg/ha de café en monocultivo y 515 kg/ha de café en los SAF, así demostrando que la presente investigación que posee rendimientos inferiores en comparación en el estudio antes mencionado, en eso puede que influya el manejo del agricultor, la ubicación geográfica, la edad inicial, entre otros factores.

La producción bajo los arreglos agroforestales establecidos en la localidad de estudio indica una producción desigual en comparación de los dos arreglos, se define que el arreglo de plátano/café a lo largo del tiempo no es recomendable mantener dentro del sistema, ya que al poseer gran cantidad de rizomas que genera pseudotallos alrededor de las plantas de café compiten en la asimilación de nutrientes, en cambio la especie forestal al poseer sistema radicular pivotante y tener nódulos fijadores de nitrógeno contribuye a que las plantas asimile los nutrientes generados de las mismas, por lo tanto se distingue la efectividad de la leucaena, durante la época de recolección del café.

4.3 Análisis económico

Los sistemas agroforestales establecidos a los cuatro años de edad presentaron la rentabilidad del B/C 1.40 USD, para el sistema agroforestal leucaena/café (Tabla 17) (Anexo 6), lo que refleja que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0.40 USD. Por otro lado el sistema agroforestal plátano/café (Tabla 18) (Anexo 7), presentó la relación B/C de 1.10 USD, lo que refleja que por cada dólar invertido se gana 0.10 USD.

El tiempo de recuperación indica que desde el cuarto año genera inicios de rentabilidad los dos sistemas, en base a los ingresos del sistema, menos los costos de establecimiento y costo de mantenimiento anual. Hay que tener en cuenta que para obtener el beneficio/costo se analizó desde la instalación del cafetal y la producción de ciclo corto (frejol) durante los dos primeros años, que realizaba el productor en los espacios libres del cultivo de café sin afectar con las actividades agrícolas secundarias a las plantas de café, así reducir el costo de mantenimiento del SAF.

Tabla 17

Rentabilidad del SAF leucaena-café

SAF LEUCAENA - CAFÉ				
INGRESOS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Venta de café			50.03	140.9
Venta de fréjol	100.85	100.85		
Sub total	100.9	100.9	50.0	140.9
COSTOS				
Establecimiento de la plantación	132.7	37.8	52.8	60.3
Sub Total	132.7	37.8	52.8	60.3
Utilidad bruta	-31.9	63.1	-2.7	80.6
B/C				1.4

Según el estudio realizado por Cruz et al. (2016) enseña que los sistemas agroforestales alcanzan el punto de equilibrio para obtener ganancia entre el año siete y el año diez después de haber realizado el cultivo. En cambio Espinosa (2018) indica que el sistema agroforestal de Espino *Vachellia macracantha* Seigler y Ebinger en asocio con café *Coffea arabica* L. var. Caturra rojo, determinó que el costo beneficio de 0.33 USD a partir del cuarto año. De la misma forma Gonzáles et al. (2018) indica que a los 17 años de edad del cedro/café, obtuvo una relación B/C de 1.34 USD. De acuerdo a los estudios mencionados la relación beneficio/costo depende de la edad de los SAF, el tipo del arreglo establecido, ubicación geográfica, manejo tecnificado, entre otros aspectos a considerar desde la implementación de los cultivos en conjunto.

Tabla 18

Rentabilidad del SAF plátano-café

SAF PLATANO - CAFÉ				
	año 1	año 2	año 3	año 4
INGRESOS				
Venta de café			50.03	62.05
Venta de plátano	96.00	96.00	120	192
Venta fréjol	71.02	71.02		
Sub total	167.0	167.0	170.0	254.0
COSTOS				
Establecimiento de la plantación	334.8	119.5	127.8	13.0
Sub Total	334.8	119.5	127.8	136.0
Utilidad bruta	-167.8	47.6	42.2	118.0
B/C				1.1

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En función a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que existen interacciones agroforestales, entre el Café (*Coffea arabica* L.) - Leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam. De Whit) y Café (*Coffea arabica* L.) - Plátano (*Musa paradisiaca* L.) en relación a luminosidad directa y efecto sombra.
- En lo referente a presencia de vectores, se evidenció ataque foliar; en tanto que para plagas, no se evidencio ataque significativos, posiblemente se deba a que el cultivo de café es relativamente joven de 48 meses de edad.
- El efecto de la luminosidad indirecta (sombra), favorece al desarrollo y crecimiento del café, ya que se refleja mayor altura y diámetro de copa de las plantas, a diferencia de las plantas sin sombra, frente a la enfermedad roya existe un comportamiento negativo, porque las plantas bajo sombra son más susceptibles al desarrollo del patógeno.
- Dentro del cálculo de producción las plantas bajo sombra tuvieron mayor cantidad de ramas productivas y números de frutos, que las plantas sin sombra, bajo los dos sistemas agroforestales, sin embargo en la cantidad total de los granos de cerezo recolectado de las plantas bajo el sistema forestal/café fue superior en un 56% en relación al sistema frutal del plátano/café.
- Se concluye que la relación beneficio – costo bajo el arreglo agroforestal leucaena /café fue de 0.40 USD, en cambio el arreglo plátano/café presenta 0.10 USD por cada dólar invertido, a los cuatro años de edad; en cuanto a otras investigaciones la relación beneficio costo se evidencian desde los 5 años de edad.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que al momento de implementar un sistema agroforestal con *Coffea arabica* L., variedad Typica se debe crear sombras homogéneas para evitar que en el sistema exista susceptibilidad a los rayos solares.
- Realizar caracterización cualitativa y cuantitativa de las variedades que integran los sistemas agroforestales en los diferentes pisos altitudinales de la zona de Intag.
- Realizar el seguimiento mediante nuevas interacciones en función de los SAF con otras especies agroforestales, que permitan contrastar con la información obtenida en la presente investigación en la zona de Intag.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Arcilla, A. (2013). *Ecologías con Asocebu*. Obtenido de <http://ecologiasocebu.blogspot.com/2013/09/no-construyamos-desiertos-replanteemos.html>.
- Arronis, V. (2006). *Los Sistemas Agroforestales como una opción de producción sostenible*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) y Asociación Costarricense de la ciencia del suelo, Costa Rica.
- Barquero, M. (2013). *Recomendaciones para el combate de la roya del café (Hemileia vastatrix Berk et Br.)*. Instituto del café de Costa Rica, Centro de Investigaciones en café (CICAFE), Barva, Heredia, Costa Rica.
- Camayo, G. C., Chavez, B., Arcilla, J., & Jaramillo, Á. (2003). *Desarrollo floral del café y su relación con las condiciones climáticas de Chinchinas*. Caldas - Colombia: Red Academy.
- Canet, G., & Soto, C. (2016). Medio ambiente y sostenibilidad de la caficultura. En G. Canet, & C. Soto, *La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe* (pág. 36). México.
- Capa, E. D. (2015). *Efecto de la fertilización orgánica y mineral en las propiedades del suelo, la emisión de los principales gases de efecto invernadero y en las diferentes fases fenológicas del cultivo de café (Coffea arabica L.)* (Tesis de Doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación de Enseñanza (CATIE). (2001). *Funciones y aplicaciones de Sistemas Agroforestales*. Proyectos agroforestales CATIE/GTZ, Turrialba, Costa Rica.
- Cevallos, S. R. (2016). *Evaluar el comportamiento morfoagronómico del fréjol (Phaseolus vulgaris L.) en monocultivo y asociado con café (Coffea arabica), plátano (Musa paradisiaca) y (Leucaena leucocephala)* (Tesis pregrado). Universidad Técnica del Norte, Imbabura, Ecuador.

- Chamba, E. G. (2018). *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*. (Tesis de Doctorado) Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Colonia, L. M. (2012). *Guia tecnica de Manejo integrado de Plagas en el cultivo del café*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Villavirgen - Llochegua - Huanta - Ayacucho, Perú.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). Quito, Ecuador
- Contreras, P. (2013). *Variedades de café en Nicaragua*. Plataforma Nicaraguense de café sostenible, Nicaragua.
- Cruz, R., Leos, J. A., Uribe, M., & Rendón, R. (2016). Evaluación financiera y socio económica del sistema agroforestal tradicional cafe-plátano-cítrico en Tlapacoya, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16, 3287-3299.
- Espinosa, A. Y. (2018). *Impacto de la sombra del espino Vachellia macracanta y Ebinger en asocio con Café Coffea arabica L. var. Caturra rojo en la Parroquia Santa Catalina de Salinas, Provincia de Imbabura* (Tesis pregrado). Universidad Tecnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- Estrada, P. (2015). *Severidad de Hemileia vastatrix en plántulas de cuatro variedades de Coffea arabica L. en Rio Negro Satipo* (Tesis pregrado) Universidad Nacional del Centro del Perú - Facultad de Ciencias Agrarias, Satipo, Perú.
- Farfán, F., & Sánchez, P. M. (2016). *Densidad de siembra del café Variedad Castillo en sistemas agroforestales en el departamento de Santander*. *Cenicafé*, 67, 55-62.
- Farfan, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Colombia - Caldas.
- Farfán, F. (2016). *Sombrios transitotios para el establecimiento del café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Manizales, Caldas, Colombia.
- Flores, R. (2019). *Caracterización genética de tres variedades de Coffea arabica L. (Variedad Caturra, Pache y Nacional) en seis parcelas de la provincia de Moyobamba, región San Martín* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.

- García, D. A. (2013). *Incidencia y severidad de la roya del café (Hemileia vastatrix) y evaluación de alternativas químicas para su control* (Tesis pregrado). Universidad Rafael Landívar, Escuintla, Guatemala.
- Gobierno Autónomo de Decentralizado Provincial de Imbabura. (2018). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la provincia de Imbabura 2015-2015*. Prefectura de Imbabura , Ibarra.
- González, M., Murillo, R., & Ávila , C. (2018). Rentabilidad financiera de *Cedrela orodota* L. en sistemas agroforestales con café en Pérez Zeledón, Costa Rica. *Tropical Journal of Environmental Sciences*, 52(1), 129-144.
- Guale, W. B., Suárez, J. L., & Tomalá, C. A. (2005). *Diseño de Sistemas Agrosilvoculturales para el uso adecuado de Recursos Naturales en el Recinto el Salado, Comuna Salanguillo, Cantón Santa Elena* (Tesis pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Santa Elena, Ecuador.
- Haggar, J., Staver, C., & De Melo, E. (2001). Sostenibilidad y sinergimos en sistemas agroforestales con café: estudio de interacciones entre plagas, fertilidad del suelo y árboles de sombra. *Agroforestería en las Américas: Reseñas Agroforestales*. Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza, Costa Rica; Nicaragua, Costa Rica; Nicaragua.
- Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1993). *Control integrado de las principales enfermedades foliares del café en el Ecuador*. Quevedo, Ecuador
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2017). *Anuario Meteorológico*. Quito, Ecuador.
- Jacques, A., & Galileo , R. (2013). *La roya anaranjada del café*. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Centro America.
- Jezeer, R., & Verweij, P. (2016). *Café en sistemas agroforestales. Doble dividendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en Perú*. Utrecht Univerity, Perú.
- López, B. Y. (2017). *Informe final de diagnóstico, investigación y servicios realizados en la Asociación de Nacional del Café*. Universidad de San Carlos, Guatemala.

- Mendieta, M., & Rocha, L. R. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Mestanza, S., Coello, M. J., & Haro, R. I. (2012). *Caracterización de Sistemas Agroforestales comúnmente asociados al cultivo de cacao en la zona de Febres Cordero* (Tesis pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Fundación CIPAV, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza,. Turrialba, Costa Rica: CIPAV.
- Montenegro, P. A. (2010). *Monitoreo fitosanitario y productivo de sistemas agroforestales en café (Coffea arabica) (CR 95, Caturra y F1), Amarillón (Terminalia amazonia), Cashá (Chloroleucon sp.) y Poró (Erythrina poeppigiana) bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba* (Tesis de pregrado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago - Costa Rica.
- Montes, S., Cevallos, A. M., Echeverría, J. M., Sánchez, I. S., & Lalama, J. M. (2018). *Embriogénesis somática de Coffea arabica L. Var. Caturra Rojo, Boubón Cidra y SL-28 de plantaciones cafetaleras de la Provincia del Carchi, Zona 1, Ecuador*. Ibarra, Ecuador: Mawil.
- Mora, N. (2008). *Agrocadena de café*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Regional Huertar Norte, Colombia.
- Navarro, M., & Mendoza, A. (2007). *Guía cacao para promotores*. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio El Castillo, Río San Juan (ProDeSoC), Nicaragua.
- Nicolópulos, M. C., Godoy, J. C., & Ortín, A. E. (2010). *Leucaena leucocephala en Sistemas Agroforestales del NOA*. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- Oficina Nacional Forestal. (2013). *Guía técnica para la implementación de Sistemas Agroforestales con árboles forestales maderables*. Costa Rica.
- Ormeño, M. A., García, R., Garnica, J. C., & Ovalle, A. (2017). *Manejo agroecológico del café*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Mérida-Venezuela.
- Ortega, L. J. (2012). *Evaluación agronómica y productiva del cultivo de café (Coffea arabica) bajo de tres sistemas agroforestales más la aplicación de un fertilizante foliar*

- organico, en el cantón Echeandia, Provincia el Bolivar.* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolivar, Bolivar, Ecuador.
- Pérez, L. E., & Suárez, L. A. (2011). *Evaluación del efecto sombra en la producción de café - Coffea arabica L.- dentro de un sistema agroforestal tradicional con arboles en Las Minas, El Paraiso, Honduras.* Zamorano, Honduras.
- Ponce, L. A., Orellana, K. D., Acuña, I. R., Alfonso, J. L., & Fuentes, T. (2018). *Situación de la caficultura ecuatoriana: perspectivas. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 6(1), 307-325.*
- Pozo, M. A. (2014). *Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador 2000 - 2001*(Tesis pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Ramírez, M. A. (2010). *Ánalisis situacional de las fincas de café Coffea arabica y propuesta sustentable en la Parroquia San Roque del Cantón Piñas* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Rapidel, B., Allinne, C., Cerdán, C., Meylan, L., Elias de Melo, V. F., & Jacques, A. (2015). *Efectos ecológicos y productivos del asocio de árboles de sombra con café en Sistemas Agroforestales.* Cali, Colombia: Cipav.
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, (2019) Decreto Ejecutivo 752
- Romero, A. (2010). *Incidencia de enfermedades foliares del café bajo diversos tipos de sombra y manejo de insumos, en sistemas agroforestales.* Centro Agronómico Tropical de investigaciones y enseñanza, Escuela de posgrado, Turrialba, Costa Rica.
- Rosas, A. D. (2017). *Desarrollo de tres variedades de Coffea arabica L. injertadas y de pie franco bajo diferentes condiciones ambientales* (Tesis posgrado). Universidad Veracruzana; Facultad de ciencias agrícolas, Xalapa, México.
- Salazar, J. N., Orozco, F. J., & Clavijo, J. (1988). *Característica morfológicas; productivas y componentes del rendimiento de dos variedades de café: Colombia y Caturra.* Cenicafé 39(2), 43-60
- Sánchez, E. (2011). *Efecto de la sombra y del manejo del café sobre la dinámica poblacional de (Hypothenemus hampei Ferrari) en frutos nuevos y remanentes en Turrialba.* Centro Agronómico Tropical de Investigación, Turrialba, Costa Rica.

- Secretaria Nacional de planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021. Toda una vida*. Quito, Ecuador.
- Somarriba, E. (1994). Sistemas agroforestales con cacao, plátano y laurel. *Agroforesteria en las Américas*. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- Suárez, J., & Tomalá, C. (2005). *Diseño de sistemas agrosilvoculturales para el uso adecuado de los recursos naturales en el recinto El Salado, comuna Salanguillo, Cantón Santa Elena*. (Tesis pregrado) Universidad Península de Santa Elena, Libertad, Ecuador.
- Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio Ambiente, Parte I, (2003). Decreto Ejecutivo # 3516 .
- Virginio, E., & Astorga, C. (2015). *Prevención y control de la roya del café: Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores*. Serie técnica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- World Coffee Research. (2016). *Las variedades de café de Mesoamérica y el Caribe*. EE.UU: CATIE
- Zabala, V. (2019). Ecuador Productivo. Ecuador trabaja por fortalecer su mercado y producción. *EKOS*, 295, 76.
- Zambolim, L. (2015). La roya del cafeto en Brasil. *Manejo agroecológico de la Roya del café*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Panamá.
- Zarate, S. R. (1987). *Leucaena leucocephala*. Mexico: SIBDI

Anexo 2 Hoja de monitoreo de plagas y enfermedades

BIT2										
Plantas de café con sombra										
Plantas	N°H*Ram	Roya			Minador			Broca		
		N°HR	% Sev	In	N°HMi	% Sev	In	N°F	N°FB	% Sev
P1	14	2	14,286	1	7	50	1	5	0	0
	16	2	12,5	1	4	25	1	21	2	9,52
	20	5	25	1	3	15	1	21	0	0
P2	14	0	0	0	0	0	0	45	0	0
	16	3	18,75	1	2	12,5	1	3	0	0
	19	2	10,526	1	2	10,5	1	19	1	5,26
P3	4	0	0	0	0	0	0	25	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	9	0	0
	5	0	0	2	3	60	1	1	0	0
P4	5	0	0	2	0	0	0	18	1	5,56
	2	0	0	1	1	50	1	2	0	0
	4	3	75	1	1	25	1	4	0	0
P5	22	0	0	2	6	27,3	1	36	1	2,78
	12	0	0	2	1	8,33	1	12	0	0
	14	1	7,1429	1	2	14,3	1	17	0	0
P6	14	3	21,429	2	2	14,3	1	102	0	0
	12	0	0	2	0	0	0	85	1	1,18
	11	5	45,455	1	6	54,5	1	21	0	0

BIT2										
Plantas de café sin sombra										
Plantas	N°H*Ram	Roya			Minador			Broca		
		N°HR	% Sev	In	N°HMi	% Sev	In	N°F	N°FB	% Sev
P1	6	2	33,3	3	0	0	1	0	0	0
	2	2	100	1	0	0	0	6	0	0
	6	4	66,7	3	2	33,33	1	3	0	0
P2	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0
	6	3	50	1	2	33,33	1	13	0	0
	6	1	16,7	1	0	0	0	3	0	0
P3	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	3	1	33,3	2	2	66,67	1	3	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P4	6	0	0	0	3	50	1	0	0	0
	12	3	25	1	0	0	1	1	0	0
	6	2	33,3	2	2	33,33	1	0	0	0
P5	13	0	0	0	10	76,92	1	24	0	0
	9	0	0	0	5	55,56	1	7	0	0
	16	0	0	0	1	6,25	1	36	0	0
P6	14	3	21,4	1	2	14,29	1	34	1	2,941
	27	2	7,41	1	10	37,04	1	31	0	0
	13	0	0	0	5	38,46	1	71	8	0

Anexo 3 Hoja de determinación de luminosidad en lux bajo SAF

26/02/2018																					
Luminosidad en luxes																					
Bloque	Plantas de café																				
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	
Plantas bajo sombra							Plantas bajo sombra							Plantas bajo sombra							
Hora: 07:00 am							Hora: 12:00 pm							Hora: 17:00 pm							
B1	T1	7	4	5	7	3	3	7	59	79	57	58	69	81	47	18	19	25	20	25	22
	T2	9	8	9	9	8	10		43	10	26	36	14	32		19	5	9	8	11	6
B2	T1	20	35	28	28	38	34	25	127	118	98	234	120	209	122	34	38	33	41	46	28
	T2	16	25	23	6	26	20		31	41	126	107	187	69		7	10	45	32	44	26
B3	T1	52	34	14	40	21	22	33	122	127	115	92	124	88	111	24	22	32	20	27	31
	T2	39	21	42	28	33	45		164	32	143	122	90	113		32	44	33	29	28	32
B4	T1	32	25	35	24	36	43	31	129	60	70	56	66	136	80,9	33	17	16	18	13	39
	T2	36	28	22	33	33	28		99	52	64	94	47	98		37	31	24	24	28	16
								23,9							90,3						
Plantas sin sombra							Plantas sin sombra							Plantas sin sombra							
B1	T1	20	6	8	10	5	10	12	156	130	121	194	212	106	113	38	42	24	58	60	35
	T2	10	11	14	20	13	16		64	98	38	80	95	65		15	13	18	14	26	10
B2	T1	33	45	45	48	50	44	37	142	286	149	143	372	249	225	46	56	51	70	70	79
	T2	31	25	32	25	30	30		114	217	295	199	218	312		67	64	64	67	51	65
B3	T1	50	40	42	55	47	63	49	559	587	303	331	287	324		42	60	37	40	68	40
	T2	48	43	47	46	51	53		741	268	233	174	156	441	274	84	87	75	61	55	69
B4	T1	29	50	51	52	60	50	46	210	264	164	203	263	175		35	42	31	35	13	32
	T2	48	45	30	49	54	34		159	175	153	120	175	193	163	70	21	41	49	47	36
								35,8							84,5						
Observaciones: Día soleado																					

Anexo 4 Hoja de determinación de determinación de número ramas y nudos productivos

CON SOMBRA		
B2T2		
Plantas	Nºde ramas productivas	Nºde nudo por ramas
P1		4
	19	5
		13
P2		3
	3	0
		0
P3		4
	16	4
		3
P4		0
	0	0
		0
P5		3
	16	9
		4
P6		6
	22	5
		3

SIN SOMBRA		
B2T2		
Plantas	Nºde ramas productivas	Nºde nudo por ramas
P1		3
	19	4
		0
P2		0
	0	0
		0
P3		0
	4	2
		0
P4		0
	0	0
		0
P5		2
	3	0
		0
P6		0
	1	2
		0

Anexo 5 Hoja de registro de la cantidad de cerezos cosechados

Fechas de cosecha	N° de cosecha	Bloques	CANTIDAD LB
11/05/2018	1	B1T2	7
11/05/2018	1	B1T1	10
11/05/2018	1	B2T1	5
11/05/2018	1	B2T2	3
11/05/2018	1	B3T1	7
11/05/2018	1	B3T2	3
11/05/2018	1	B4T1	9
11/05/2018	1	B4T2	3
12/06/2018	2	B1T2	8,5
12/06/2018	2	B1T1	5
12/06/2018	2	B2T1	9
12/06/2018	2	B2T2	2
12/06/2018	2	B3T1	6
12/06/2018	2	B3T2	1
12/06/2018	2	B4T1	3
12/06/2018	2	B4T2	2

Anexo 6 Presupuesto de leucaena/café

Código	Rubro/años	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (USD \$)/HA					
					AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4		
1. ESTABLECIMIENTO										
a. Mano de obra										
	Preparación del terreno (señalamiento, hoyado, distribución de plantas en el terreno) y transplante	Jornal	1	10	15,00					
Sub-total Mano de Obra.					15,00					
b. Insumos										
	Adquisición de plantas de leucaena	planta	20	0,3	6,00					
	Adquisición de plantas de café	Planta	162	0,25	40,50					
	Transporte de plantas	Transporte	1	3,33	3,33					
	Adquisición de fertilizante (bocashi) una aplicación	Quintal	1,5	6	9,00	9	9	9		
	Adquisición de fertilizante (abonasa) una aplicación	Quintal	1,5	4,75	7,13	7,125	7,125	7,125		
	Adquisición de fertilizante foliares dos aplicaciones	Canecas	0,5	6,5	3,25	3,25	3,25	3,25		
	Adquisición de fungicidas	sobre	0,5	6,8	3,40	3,4	3,4	3,4		
Sub-total Insumos					72,61	22,78	22,78	22,78		
c. Materiales y herramientas										
	Adquisición de herramientas	kit	1	23,94	7,98					
Sub-total Materiales					7,98					
SUBTOTAL ESTABLECIMIENTO					95,59	22,78	22,78	22,78		
2. MANTENIMIENTO										
a. Mano de obra										
	Control de maleza (2 veces)	Jornal	3	15	15,00	15,00	15,00	15,00		
SUBTOTAL MANTENIMIENTO					15,00	15	15	15		
3. PODA Y COSECHA										
a. Mano de obra										
	Cosecha café (tercer año)	Jornal	2	15			15	22,5		
	Poda				,00	0	0	0		
SUBTOTAL PODA Y RALEO					,00	,00	15,00	22,50		
TOTAL COSTOS DIRECTOS					110,59	37,78	52,78	60,28		
6. COSTOS INDIRECTOS										
	a. Costos de administración	%	10		11,06	3,78	5,28	6,03		
	b. Imprevistos	%	10		11,06	3,78	5,28	6,03		
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					22,12	7,56	10,56	12,06		
		HA	USD		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4		
TOTAL COSTOS / 960m2					0,096	283,53	132,70	37,775	52,775	60,275

Anexo 7 Presupuesto de plátano/café

DESGLOSE DE PRESUPUESTO PLATANO/CAFÉ								
Código	Rubro/años	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total (USD \$)/HA			
					AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
1. ESTABLECIMIENTO								
	a. Mano de obra							
	Preparación del terreno (señalamiento, hoyado, distribución de plantas en el terreno) y trasplante	Jornal	2	10	15,00			
	Sub-total Mano de Obra.				15,00	,00		
	b. Insumos							
	Adquisición de plantas del plátano	planta	24	1,5	36,00			
	Adquisición de plantas de café	Planta	162	0,25	40,50			
	Adquisición de fertilizante (bocashi) una aplicación	Quintal	1,5	6	9,00	9	9	9
	Adquisición de fertilizante (abonasa) una aplicación	Quintal	1,5	4,75	7,13	7,125	7,125	7,125
	Adquisición de fertilizante foliares dos aplicaciones	Canecas	0,5	6,5	3,25	3,25	3,25	3,25
	Adquisición de fungicidas	sobre	1	6,8	6,80	6,8	6,8	6,8
	Transporte de plantas	Transporte	1	3,33	3,33			
	Sub-total Insumos				106,01	26,18	26,18	26,18
	c. Materiales y herramientas							
	Adquisición de herramientas	kit	1	23,94	7,98			
	Sub-total Materiales				7,98			
	SUBTOTAL ESTABLECIMIENTO				128,99	26,18	26,18	26,18
2. MANTENIMIENTO								
	a. Mano de obra							
	control de maleza (2 veces)	Jornal	3	15	15,00	15	45	45
	SUBTOTAL MANTENIMIENTO				15,00	15	45	45
3. PODA Y RALEO								
	a. Mano de obra							
	Cosecha café (tercer año)	Jornal	2	15			15	22,5
	Cosecha plátano	Jornal	2	15	15,00	30	30	30
	SUBTOTAL PODA Y RALEO				15,00	30,00	45,00	52,50
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				158,99	71,18	116,18	123,68
6. COSTOS INDIRECTOS								
	a. Costos de administración	%	10		15,90	7,12	11,62	12,37
	b. Imprevistos	%	10		15,90	,00	,00	,00
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS				31,80	7,12	11,62	12,37
		HA	USD		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4
	TOTAL COSTOS / 960m2	0,096	718,08		334,77	119,47	127,79	136,04