UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TEMA: Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Quilanga–Espíndola de la provincia de Loja

Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Autora:

Karina Yolanda Cango Ambuludi

Director:

Ing. Klever Aníbal Chamba Caillagua

Loja – Ecuador

2018

CERTIFICACIÓN

Ing. Klever Chamba Caillagua
DIRECTOR DE TESIS

En calidad de director de la tesis titulada "Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Quilanga–Espíndola de la provincia de Loja" de autoría de la señorita egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica **Karina Yolanda Cango Ambuludi,** certifico que dicha tesis ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad y se ha realizado dentro del cronograma aprobado, por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, 16 de Julio del 2018

Atentamente,

Ing. Klever Chamba Caillagua
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Una vez cumplida la reunión del Tribunal de calificación del Trabajo Final de Tesis: **"Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Quilanga–Espíndola de la provincia de Loja"**, de autoría de la señorita Karina Yolanda Cango Ambuludi, egresada de la Carrera de Ingeniería Agronómica, se le propuso realizar algunas correcciones, mismas que ya han sido incluidas en el documento final.

En tal virtud, nos permitimos certificar que el trabajo final consolidado de investigación está acorde a los requerimientos de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por lo tanto, se autoriza continuar con los trámites correspondientes.

Loja, 17 de agosto del 2018

Ing. Francisco Guayllas Guayllas, Mg. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Simón Bolívar Peña Merino, Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

Ing. Luis Sivisaca Caraguay, Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo Karina Yolanda Cango Ambuludi, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Autora: Karina Yolanda Cango Ambuludi

Firma: ……

Número de cedula: 1105779951

Fecha: 17 de Agosto del 2018

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELÉCTRONICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo Karina Yolanda Cango Ambuludi, declaro ser autora de la tesis titulada "Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Quilanga–Espíndola de la provincia de Loja" como requisito para optar al grado de Ingeniera Agrónoma, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en RDI, en las redes de información del país y del exterior con los cuales mantenga convenios la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero. Para constancia de esta autorización, en la cuidad de Loja, a los 17 días del mes de Agosto del dos mil dieciocho, firma la autora.

Firma: .....

Autora: Karina Yolanda Cango Ambuludi

Número de cédula: 1105779951

Dirección: Provincia de Loja, Cantón Loja, Barrio Chinguilanchi

Correo electrónico: ka-rycango@hotmail.com

Celular: 0997422827

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Klever Chamba Caillagua.

Tribunal del grado: Ing. Francisco Guayllas Guayllas, Mg. Sc.

Ing. Simón Bolívar Peña Merino, Mg. Sc.

Ing. Luis Sivisaca Caraguay, Mg. Sc

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la Carrera de Ingeniería Agronómica perteneciente a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, y a todos los docentes y personal administrativo, quienes me impartieron sus conocimientos, consejos y experiencias de manera incondicional para mi buena formación profesional, para el servicio del país.

A mi director de Tesis, Ing. Klever Chamba Caillagua, por su inestimable apoyo constante y orientación en el desarrollo de mi trabajo investigativo, lo cual fue con total incondicionalidad para finalizar este estudio.

Así mismo, al Ing. Max Encalada Córdova Mg, Sc., por su asesoría y orientación para el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Mi agradecimiento a los miembros del Tribunal de Grado: Mg. Sc. Francisco Javier Guayllas; Mg.Sc. Simón Bolívar Peña; Mg. Sc. Luis Sivisaca Caraguay, por su valioso tiempo empleado encaminado a perfeccionar mi trabajo de investigación. Gracias.

Karina Yolanda Cango Ambuludi

DEDICATORIA

A DIOS, por haberme dado salud y fuerza necesaria para seguir adelante, y por darme la fortaleza y confianza para superar muchos obstáculos durante mi formación académica, y por estar conmigo siempre y en todo lugar.

A ustedes mis padres queridos: Víctor Antonio y María Eufemia que me educaron con valores y principios, me enseñaron el respeto y la responsabilidad; gracias por estar conmigo en tantos momentos difíciles de mi vida, por confiar en mí, por darme su apoyo incondicional y por estar conmigo en este largo camino.

A mis hermanos: Rosa, Patricio, Gustavo, María, Ximena y Beatriz por motivarme siempre a seguir adelante, por estar ahí conmigo cuando más los necesité, y por ayudarme a levantar en situaciones difíciles de mi formación.

Y un reconocimiento especial para mi hermano Luis Hernán (+), aunque ya no está conmigo, quiero agradecerle por todo los momentos felices compartidos, por apoyarme, motivarme siempre y por sus sabios consejos impartidos.

A mis amigos: Diego, Alex, Cristian, Yomara y Tania por estar siempre ahí en los buenos y malos momentos, por escucharme, comprenderme y por formar parte de mi formación académica.

Karina Yolanda Cango Ambuludi

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Pág**

CERTIFICACIÓN ii

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO iii

AUTORÍA iv

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELÉCTRONICA DEL TEXTO COMPLETO. v

AGRADECIMIENTO vi

DEDICATORIA vii

ÍNDICE GENERAL viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

ÍNDICE DE ANEXOS xv

RESUMEN xvii

ABSTRACT xviii

1. INTRODUCCIÓN 1

2. REVISIÓN DE LITERATURA 5

2.1. Producción mundial de café 5

2.2. Zonas Productoras de Café en Ecuador 6

2.3. Clima en las zonas productoras del Ecuador 7

2.4. Generalidades del Cafeto 9

2.5. Características Botánicas 9

2.6. Condiciones climáticas del cultivo de café 11

2.7. Los Sistemas Agroforestales (SAF) en el cultivo de cafeto. 14

2.8. El sistema agroforestal café y la radiación solar 15

2.9. El sistema agroforestal café y la Biodiversidad 16

2.10. El sistema agroforestal café y el agua 17

2.11. El sistema agroforestal café y su efecto en la fotosíntesis 17

2.12. El sistema agroforestal café y su efecto en el suelo 19

2.13. Producción de café en sistemas agroforestales.....19

2.14. El SAF café y las condiciones microclimáticas y disponibilidad hídrica en el suelo….....20

2.15. El SAF café en la fertilidad del suelo, en la capacidad de reciclaje de los nutrientes y la adición de residuos.....21

2.16. El SAF café en el estímulo a la superproducción. 21

2.17. El SAF café en la producción de frutos más grandes y en el período de maduración del fruto.....21

2.18. Influencia de la luz en el crecimiento del café. 22

2.19. Influencia de la temperatura en el crecimiento del cafeto.....22

2.20. Influencia del Sistema Agroforestal Café en el microclima.....24

3. METODOLOGÍA.....26

3.1. Localización del estudio 26

3.2. Materiales y Equipos 28

3.2.1. Materiales y equipos utilizados en la caracterización de la vegetación 28

3.2.2. Materiales y equipos utilizados en la caracterización microclimática 29

3.3. Metodología general 29

3.3.1.2. Metodología para el primer objetivo 30

3.3.1.3. Metodología para el segundo objetivo 32

3.3.1.4. Metodología para el tercer objetivo 33

4. RESULTADOS 34

5. DISCUSIÓN.....60

6. CONCLUSIONES.....68
7. RECOMENDACIONES.....70
8. BIBLIOGRAFÍA.....71
9. ANEXOS.....87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cafeto.....9
Tabla 2. Número de especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Consapamba del cantón Espíndola, evaluados en diciembre 2017.....34
Tabla 3. Promedios de altura y diámetro de copa dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Consapamba del cantón Espíndola, evaluados en diciembre 2017.....35
Tabla 4. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Consapamba del cantón Espíndola, evaluados en diciembre 2017. 36
Tabla 5. Número de especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Fundochamba del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.....36
Tabla 6. Promedios de altura y diámetro de copa dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Fundochamba del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.....38
Tabla 7. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Fundochamba del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.....39
Tabla 8. Número de especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio San Pedro del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.....40
Tabla 9. Promedios de altura y diámetro de copa dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio San Pedro del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.....42
Tabla 10. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio San Pedro del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.....43
Tabla 11. Registro de la edad del cultivo por parcela en las tres zonas de estudio. 44
Tabla 12. Los cultivares y la tecnología de manejo en las tres zonas de estudio. 44

Tabla 13. Análisis de varianza del porcentaje de sombra de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.....45
Tabla 14. Análisis de varianza de la temperatura externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018, en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.....45
Tabla 15. Análisis de varianza de la Humedad Relativa externa, interna y diferencia en tres parcelas de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.....46
Tabla 16. Análisis de varianza de la diferencia del viento de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.....46
Tabla 17. Análisis de varianza del porcentaje de sombra de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga.....47
Tabla 18. Análisis de varianza de la temperatura externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga. 47
Tabla 19. Análisis de varianza de la Humedad Relativa externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga. 48
Tabla 20. Análisis de varianza de la diferencia del viento de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga.....48
Tabla 21. Análisis de varianza del porcentaje de sombra de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga.....49
Tabla 22. Análisis de varianza de la temperatura externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde

diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga. 49

Tabla 23. Análisis de varianza de la Humedad Relativa externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga. 50

Tabla 24. Análisis de varianza de la diferencia del viento de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga. 50

Tabla 25. Promedios de las tres parcelas en los tres sitios por variables, de todas las evaluaciones realizadas de diciembre de 2017 a mayo del 2018 en los sitios Consapamba del cantón Espíndola; Fundochamba y San Pedro del cantón Quilanga. 52

Tabla 26. Análisis correlativo de las condiciones climáticas en los tres sitios de estudio, de todas las evaluaciones realizadas de diciembre de 2017 a abril de 2018 en los sitios Consapamba del cantón Espíndola; Fundochamba y San Pedro del cantón Quilanga. 53

Tabla 27. Condiciones climáticas de todas las evaluaciones en las zonas cafetaleras de Quilanga-Espindola, periodo diciembre 2017- mayo 2018, comparadas con las condiciones sugeridas por varios autores.....58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la zona Quilanga - Espíndola con los sitios seleccionados para la caracterizacion de la vegetacion y el microclima de los Sistemas Agroforestales café. Los círculos indican los sitios específicos para las evaluaciones.....27

Figura 2. Temperatura mínima y máxima estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica de Amaluza (A). Diciembre 2017 a mayo 2018.....54

Figura 3. Temperatura mínima y máxima estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica de Quilanga (B) durante la toma de datos. Diciembre 2017 a mayo 2018.....55

Figura 4. Humedad relativa estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica durante la toma de datos: A. Amaluza; B. Quilanga. 56

Figura 5. Media de precipitación estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica de Amaluza (A) y Quilanga (B) durante la toma de datos.....57

Figura 6. Sistema agroforestal de café del sitio Consapamba del cantón Espíndola. 17/12/2017.....101

Figura 7. Sistema agroforestal de café del sitio Fundochamba del cantón Quilanga. 27/04/2018.....101

Figura 8. Sistema agroforestal de café del sitio San Pedro del cantón Quilanga. 27/04/2018.....101

Figura 9. Socialización de resultados en el aula del séptimo ciclo de Agronomía 28/06/2018.....102

Figura 10. Registro de firmas de los partícipes de la socialización 28/06/2018. .102

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medias mensuales de temperatura, humedad relativa y precipitación a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica Amaluza. Temperatura máxima media (A). Temperatura mínima media (B). Humedad relativa (C). Precipitación (D). 87

Anexo 2. Medias mensuales de temperatura, humedad relativa y precipitación a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica Quilanga. Temperatura máxima media (A). Temperatura mínima media (B). Humedad relativa (C). Precipitación (D). 91

Anexo 3. Registro de datos de la vegetación (especies arbóreas y arbustivas). ..95

Anexo 4. Datos frecuencia absoluta y frecuencia relativa de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Consapamba (A), Fundochamba (B) y San Pedro (C). 96

Anexo 5. Registro de las variables micro-climáticas.....98

Anexo 6. Escala de la velocidad del viento de Beourfort.....99

Anexo 7. Encuesta empleada a los productores de zona cafetalera Quilanga-Espíndola. 100

Anexo 8. Fotografías de los sistemas agroforestales de café en los sitios evaluados. 101

Anexo 9. Día de campo y socialización de los resultados de tesis. 102

Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Quilanga–Espíndola de la provincia de Loja

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó acabo en el sitio Consapamba del cantón Espíndola; y, en los sitios Fundochamba y San Pedro del cantón Quilanga, pertenecientes a la provincia de Loja. El objetivo fue analizar las características de la vegetación arbórea y arbustiva y el microclima de los Sistemas Agroforestales de Café, (*Coffea arabica* L.) y su relación con los requerimientos del cultivo en tres pisos altitudinales. Las evaluaciones se realizaron durante 29 días, por seis meses, tomando cinco muestras aleatorias a diferentes horas del día: mañana y tarde. Los factores vegetativos que se midieron fueron: especies arbóreas y arbustivas, altura y diámetro de copa, y se determinaron la frecuencia relativa, densidad relativa e índice de valor de importancia. Los factores climáticos registrados fueron: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento e intensidad de la luz. En el estudio se encontraron 20 familias y 26 géneros entre especies arbóreas y arbustivas, siendo las más destacadas y con mayor importancia: *Musa paradisiaca, Erythrina velutina* e *Inga edulis,* lo cual permite evidenciar la biodiversidad existente en los tres sitios. En esta zona cafetalera se evidenció que las especies arbóreas y arbustivas no fueron sembradas de una manera planificada, como tampoco realizan podas para regular la sombra, obteniéndose un promedio de 83,01 %. Se determinó la falta de un manejo técnico del cultivo de café en cuanto a podas, fertilización y riego del cafeto,

Palabras clave: vegetación, microclima, especies arbóreas y arbustivas, IVI.

ABSTRACT

The present research work was carried out in the Consapamba site of the Espíndola canton; and, in the Fundochamba and San Pedro sites of the Quilanga canton, belonging to the province of Loja. The objective was to analyze the characteristics of tree and shrub vegetation and the microclimate of the Agroforestry Coffee Systems (*Coffea arabica* L.) and their relationship with the requirements of the crop on three altitudinal floors. The evaluations were conducted over 29 days, for six months, taking five random samples at different times of the day: morning and afternoon. The vegetative factors that were measured were: tree and shrub species, crown height and diameter, and the relative frequency, relative density and importance value index were determined. The climatic factors recorded were: air temperature, relative humidity, wind speed and light intensity. The study found 20 families and 26 genera of tree and shrub species, the most outstanding and important being: Musa paradisiaca, Erythrina velutina and Inga edulis, which provides evidence of the biodiversity existing in the three sites. In this coffee-growing area, it was evident that the tree and shrub species were not planted in a planned way, nor do they prune to regulate shade, obtaining an average of 83.01%. The lack of technical management of the coffee crop in terms of pruning, fertilization and irrigation of the coffee plant was determined,

Key words: vegetation, microclimate, tree and shrub species, IVI.

1. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos más importantes en el comercio internacional y su producción primaria juega un papel fundamental en la economía de muchos países, debido a que es una importante fuente de empleo, ingresos y divisas (FIRA, 2015). Su consumo se incrementa sostenidamente tanto en los países productores como en los importadores (OIC, 2016). El café es considerado como uno de los productos agrícolas más exportados en el mundo y producido principalmente en sistemas agroforestales (Montagnini *et al.,* 2015).

El café se cultiva en distintas regiones del mundo, debido al amplio rango de adaptación a las condiciones ecológicas, siendo una característica que mantiene particularmente la especie *Coffea arabica L.,* la misma que representa el 67 % del cultivo total a nivel mundial (DaMatta y Rodríguez, 2007).

El Ecuador posee una gran capacidad de producción cafetalera por la variedad de ecosistemas existentes, su ubicación geográfica y por su amplia diversidad de climas que varían, según la geografía y las temperaturas de cada región, ya sea por su altitud o ubicación, y principalmente por la presencia de la Cordillera de los Andes (FLACSO y MIPRO, 2012).

En el Ecuador, el 62 % del cultivo corresponden a café arábica, *Coffea arabica* L. y 38 % a robusta, *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, a pesar que el país es un productor pequeño, la producción, comercialización, industrialización y exportación de café son relevantes en la economía, ya que su cultivo se da en diversas regiones del país, con 193 000 hectáreas y la participación de aproximadamente 100 000 familias, con un 70 % de pequeños productores (PRO-ECUADOR, 2016).

El cafeto tradicionalmente es cultivado bajo sombra en sistemas agroforestales complejos, proporcionando así un refugio para la biodiversidad y manteniendo otros servicios del ecosistema (Bhagwat *et al.,* 2008); debido a que existe una mejor conservación de los recursos naturales y menor aplicación de insumos, lo que se traduce en la reducción de costos de producción y presentando así grandes ventajas en cuanto aspectos agronómicos y eco-fisiológicos (DaMatta y Rodríguez, 2007).

La producción en Ecuador manejada bajo el sistema tradicional, ha disminuido paulatinamente a partir de 1997, contribuyendo en la actualidad en no más del 1 % del volumen mundial. Uno de los problemas fundamentales es el bajo rendimiento, estimado entre 5 a 6 qq/ha al año, considerado como uno de los más bajos comparado con otros países productores, debido a la falta de capacitación y transferencia de tecnología, la no disponibilidad de créditos, la ausencia de organización y fortalecimiento gremial (Ortuño y Salinas, 2010).

En el país prevalecen plantaciones de edad avanzada, con un sistema de manejo tradicional del cultivo y deficiente manejo agronómico, situación que es agravada por la presencia de plagas y enfermedades, la falta de material genético validados en distintos ambientes, deficiente manejo técnico del cultivo, inadecuados procesos post cosecha (secado y almacenamiento), deficiente disponibilidad de agua e infraestructura para el despulpe de café y falta de una zonificación agroecológica, que va afectando paulatinamente la productividad (Ponce *et al.*, 2016).

Suatunce *et al*. (2009) manifiesta que los sistemas agroforestales son una buena alternativa cuando el uso de monocultivos no es económicamente factible, debido a la alta cantidad de insumos externos que demandan; en este sistema, se da un

mejoramiento de las condiciones micro-climáticas, especialmente por la reducción de los eventos extremos de la temperatura del aire y del suelo, reducción de la velocidad del viento, mantenimiento de la humedad relativa (HR) y aumento de la disponibilidad hídrica en el suelo (Camori *et al.,* 2004).

La sombra claramente reduce la evaporación del suelo, debido a la intercepción de luz solar y presencia de un mantillo que protege el suelo, producido por los árboles, que a su vez permite incrementar la infiltración del agua de lluvia y reducir la escorrentía (Gómez *et al.,* 2011). De la misma manera Muschler (2011) manifiesta que una de las alternativas más apropiadas para minimizar los efectos de los periodos secos para el café es establecer árboles de sombra, con el propósito de conservar la humedad del suelo y que exista una disponibilidad de agua para el cultivo principal.

En la provincia de Loja, los sistemas agroforestales que tienen como base al cultivo de café, han logrado sostenerse en las pequeñas y medianas unidades productivas, pero no se han conseguido niveles de rendimiento que se correspondan con la potencialidad de la especie y los recursos disponibles, lo que supone un manejo no adecuado de los sistemas agroforestales a los requerimientos de la especie (COFENAC, 2012).

Con estos antecedentes, la presente investigación contribuye desde el punto de vista científico a identificar la influencia de la vegetación en el microclima de los sistemas de producción cafetaleros con árboles de sombra en la zona de Quilanga y Espíndola, de la provincia de Loja.

Para cumplir con este propósito se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

Analizar las características de la vegetación arbórea y arbustiva y el microclima de los Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L.) y su relación con los requerimientos del cultivo en tres pisos altitudinales de la zona cafetalera Quilanga – Espíndola.

Objetivos Específicos

- Caracterizar la composición y distribución de la vegetación arbórea y arbustiva en los Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales de la zona cafetalera Quilanga–Espíndola.
- Determinar la influencia del sistema agroforestal café en la variación de las condiciones microclimáticas de las plantaciones de cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales de la zona cafetalera Quilanga-Espíndola.
- Establecer las relaciones entre las condiciones del microclima en el Sistema Agroforestal y los requerimientos del cafeto en el cantón Quilanga-Espíndola.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción mundial de café

El café es uno de los productos más importantes en el comercio internacional y su producción primaria juega un papel fundamental en la economía de muchos países ya que es una importante fuente de empleo, ingresos y divisas (FIRA, 2015), se cultiva en distintas regiones del mundo, debido al amplio rango de adaptación a las diferentes condiciones ecológicas, siendo una característica que mantiene particularmente la especie (*Coffea arabica* L.), la misma que representa el 67 % del cultivo total a nivel mundial (DaMatta y Rodríguez, 2007).

El café es considerado como uno de los productos agrícolas más exportados en el mundo y producido principalmente en sistemas agroforestales (Montagnini *et al.,* 2015). Está constituido como uno de los productos primarios más valiosos del comercio mundial, ocupando una área en todo el planeta de 1 320 millones de ha, de las cuales el 75 % es cultivado en pequeñas fincas de aproximadamente 10 ha, principalmente manejadas por el grupo familiar (Cárdenas, 2007).

El café es producido por más o menos 70 países, entre los cuales 45 son responsables del 97 % de la producción mundial y casi todos son miembros exportadores de la Organización Internacional del Café (OIC); siendo las exportaciones de café no solo un elemento esencial de ingresos en divisas, sino que también contribuyen con una proporción significativa de los ingresos fiscales y la producción bruta nacional (OIC, 2017).

La producción mundial de café en el año cafetero 2016-2017 fue de 151,6 millones de sacos, más o menos la misma que en 2015-2016. Sin embargo, ese volumen total comprende un aumento considerable en la producción de *Arabica* del 4,4%, lo

que la situaría en 93,5 millones de sacos (3,9 millones de sacos más que el año pasado), contrarrestado en su mayor parte por un descenso del 6% en la producción de *Robusta* (3,7 millones de sacos más baja). Se espera que en la producción del Brasil, el mayor productor del mundo, haya una fuerte recuperación después de dos años de sequía, y se calcula en la actualidad que la producción total en 2016-2017 será de 55 millones de sacos (Ureña, 2017).

2.2. Zonas Productoras de Café en Ecuador

El Ecuador es un productor pequeño de café; sin embargo, tiene una producción, comercialización, industrialización y exportación relevante en la economía, desarrollo social y preservación ambiental, ya que su cultivo se da en diversas regiones del país en 193 000 hectáreas con la participación de aproximadamente 105 000 familias, 70 % de las cuales son pequeños productores (PRO-ECUADOR, 2015-2016).

En Ecuador existe una amplia variedad de ecosistemas, los cuales permiten que los cultivos de café se den tanto en la Costa, Sierra, Oriente y Galápagos. Debido a las diversas características climáticas, ubicación geográfica y edafológica. El café del Ecuador es uno de los mejores en América del Sur y los más demandados en Europa y Estados Unidos, produciendo principalmente café arábigo (62 %) y en menor cantidad robusta (38 %), siendo la variedad *typica* (95 %) la mayor producida en estas zonas, cuya producción impacta en la baja productividad del sector cafetalero en el país (Jiménez-Torres y Massa-Sánchez, 2015).

En Ecuador se cultivan las especies de café *C. arabica* y *C. canephora* en las cuatro regiones geográficas, en 19 provincias del territorio ecuatoriano y el cultivo ocupa aproximadamente el 20 % de la superficie cultivable del país (COFENAC,

2012). A continuación se distinguen las siguientes zonas de producción de café arábigo: 1. Manabí-Guayas de 300 a 700 m s.n.m. ubicada en las partes altas del sistema montañoso Chongón-Colonche; 2. La zona sur de 500 a 2.000 m s.n.m. que se circunscribe a las provincias de El Oro y Loja); 3. Las estribaciones occidentales de 500 a 1 750 m s.n.m en la vertiente occidental de Los Andes; 4. Las estribaciones orientales de 500 a 1 500 metros de altura, en la parte centro norte y en la zona suroriental de 1 000 a los1 800 metros de altura; y, 5. Islas Galápagos (COFENAC-MAGAP, 2014).

Estando la mayor área del cultivo de 32,2 %, ubicada en la provincia de Manabí, seguido por Loja con 13,5 % (INEC, 2011).

La Zona Sur de Ecuador conformada por las provincias de Loja, El Oro y Zamora Chinchipe cuenta con condiciones agroecológicas aptas para producir café de calidad (COFENAC, 2013), en la cual el 96 % del cultivo es de la especie *arabica* (Cumbicus y Jiménez, 2012).

Existen organizaciones conformadas jurídicamente ubicadas en las principales regiones cafetaleras, en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Estas asociaciones en la actualidad agrupan aproximadamente a 2 020 productores de café, abarcando una superficie cercana a 24 000 ha, la producción de café promedio anual por asociación está alrededor de los 1 300 toneladas (FAPECAFES, 2017).

2.3. Clima en las zonas productoras del Ecuador

En Ecuador la duración del día cambia muy poco durante el año, cada día tiene 12 horas de luz solar, con una variación de no más de 30 minutos que puede producirse en cualquier punto del país, esto se debe a la ubicación en la línea Ecuatorial (Neill y Jorgensen, 2002). En este sentido, los valores máximos de

radiación en la Región Sur de Ecuador se encuentran al Oeste, mientras que los mínimos aparecen hacia el Este, coincidiendo con las zonas de mayor porcentaje mensual de días claros y días nublados respectivamente (Álvarez y Montaño, 2015).

Según Duicela y Corral (2009), en las zonas cafetaleras de Ecuador, la temperatura promedio varía entre las diferentes zonas desde 17,5 hasta 25,3 °C; se observa cierta constancia de un mes a otro, los promedios mensuales no varían en más de 3 °C a lo largo del año dentro de una determinada zona, en contraste, las fluctuaciones diarias de temperatura en un período de 24 horas son mucho más pronunciadas. La fluctuación diaria de temperatura en las elevaciones medias a superiores en los Andes es a menudo de 20 °C o más; en las tierras bajas, la fluctuación diaria de temperatura es generalmente cerca de 10 °C. En cuanto a la precipitación, gran parte de Ecuador tiene una estación lluviosa que se extiende desde diciembre a abril o mayo, a excepción de la Amazonía, en donde la precipitación es relativamente constante. Por otro lado, la presencia de neblina en las zonas cafetaleras durante los meses secos, con la presencia de los árboles de sombra se incorpora agua al sistema (Neill y Jorgensen, 2002); además Gliessman (2002), señala que la neblina y el rocío añaden por lo menos un 10 % a la precipitación total efectiva en las zonas donde existen bosques, por lo que se lo ha incorporado a varias investigaciones de bosques y sistema agroforestales para evaluarlo como fuente alternativa de humedad.

2.4. Generalidades del Cafeto

- **Origen del Café**

El café es originario de Etiopía, donde aún se encuentra en estado silvestre en el antiguo reino de Kaffa y en los alrededores de la ciudad del mismo nombre. Está adaptada a ambientes frescos, sombreados y secos (Echeverri *et al*., 2005).

- **Taxonomía**

Según Alvarado y Rojas (2007) el café pertenece al género *Coffea* con aproximadamente 100 especies; de las cuales, tres son cultivadas comercialmente, destacándose las dos primeras según el orden siguiente: *Coffea arabica L., C. Canephora Pierre ex Froehner y C. liberica Bull ex Hiern* (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cafeto

Taxonomía	**Nombre**
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Sub-División	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Sub-clase	Asteridae
Orden	Rubiales
Familia	Rubiáceas
Género	*Coffea*
Especies	*arabica, canephora, liberica.*

2.5. Características Botánicas

Gómez G (2010) señala las siguientes características del café:

Los cafetos son arbustos glabros, de hojas opuestas, raras veces ternadas, acompañadas de estipulas interpeciolares. En su interior se encuentran papilas blandas ó bastones glandulosos que secretan una substancia cerosa abundante.

El cafeto en el continente africano, y en algunas partes del continente asiático alcanza alturas de 12 y 14 metros, pero en la zona cafetera de América no pasa de 4 a 6. Pertenece a la familia de las rubiáceas (*Rubiaceae*). Presenta las siguientes características botánicas:

Raíces: Pivotantes, axiales o de sostén, laterales y raicillas.

Tallos: Son leñosos, erectos y de longitud variable de acuerdo con el clima y el tipo de suelo.

Hojas: Son elípticas, acabadas en punta y aparecen en pares, tienen peciolos cortos y pequeñas estipulas, pueden ser de distintos colores como: verde lima, verde oscuro, bronce o con matices purpúreos.

Las flores: Aparecen en las axilas de las hojas de 1 a 3 ejes, los que se dividen en 2 ó 6 ramificaciones cortas de 2 a 4 mm coronando cada una en una flor la cual está formada por el cáliz, la corola, estambres y el pistilo. Es una planta de flores hermafroditas y regulares, de receptáculo cóncavo, alojando al ovario y llevando en sus bordes un cáliz gamosépalo corto, de cinco divisiones poco pronunciadas. La corola es hipocraterimorfa ó infundibuliforme, glabra ó velluda. Los estambres (dimorfos en *coffea arábica*) alternos, se componen de un filamento ordinariamente corto que se adhiere a la garganta de la corola y soporta una antera dorsifija (antera cuyo filamento se inserta sobre el dorso).

Los frutos: Son tipo drupa, con epicarpio carnoso, que encierra dos núcleos delgados y pergaminosos, más ó menos fuertes, gruesos y resistentes.

La semilla: Se compone de un albumen cornea de color plomoso opaco, enrollado sobre sus bordes y conteniendo al interior un embrión excéntrico, dorsal próximo a la base del grano; sus cotiledones son foliaceos, elípticos y su radícula inferior y bastante larga.

2.6. Condiciones climáticas del cultivo de café

Las variables más importantes en relación con la ecología del cultivo de café son las siguientes:

- **Altitud.**

Alturas fuera del rango de los 400 a 1500 m s.n.m. se consideran marginales para el cultivo, también las distancias de siembra varían de acuerdo con la altura, siendo necesario en zonas altas, distancias mayores en relación con las zonas de menor altitud (Alvarado y Rojas, 2007).

Según Gómez G. (2010) en alturas superiores a 1 000 m s.n.m. se logra el desarrollo del cafeto, pero no se obtiene una buena producción. Siendo la altitud más conveniente para el cultivo de café de 800 a 900 metros, ya que se obtiene la mayor producción.

- **Luz solar.**

Este factor influye en la duración del fotoperiodo e intensidad (irradiación) solar, siendo la más importante, la intensidad lumínica, ya que en la iniciación floral, el café parece ser una planta de día corto, en condiciones de día largo las plantas crecen vegetativamente. El fotoperiodo crítico para la iniciación de la floración es entre 13 y 14 horas (Alvarado y Rojas, 2007).

Según Gómez O. (2010) cuando la intensidad lumínica es alta se da el cierre de estomas en las hojas del cafeto, para protegerse de una transpiración excesiva, esto trae como consecuencia una disminución en el proceso de fabricación de alimentos de la planta y por ende una baja en producción. Una intensidad de luz baja y prolongada favorece la incidencia de plagas, da problemas de maduración

del grano y, por ende, de recolección. El cafeto se considera una planta de día corto por lo que necesita de 8 a 13 horas de iluminación para florecer. La iluminación de un cafetal se puede modificar estableciendo y regulando distancias de siembra de la sombra permanente.

- **Temperatura.**

La temperatura es el componente más relacionado con el crecimiento de la planta. Bajas temperaturas propician un desarrollo lento y una maduración de frutos tardía. Por otra parte, las temperaturas altas aceleran la senescencia de los frutos, disminuyen la fotosíntesis, reducen el crecimiento y producción. Además, pueden causar: anomalías en la flor; fructificación limitada; la ocurrencia de enfermedades y susceptibilidad a plagas; afectar la longevidad de la planta, su productividad y rendimiento. El cultivo de café necesita temperaturas mínima de 20 °C y máxima de 25 °C, para lograr su desarrollo y productividad. Los cafetos de la especie *Coffea arabica* crecen y se desarrollan mejor bajo temperaturas que fluctúan entre los 20 y 27 °C (Gómez G, 2010).

Para Alvarado y Rojas (2007) las fluctuaciones y el termoperiodo (duración) son las características que deben evaluarse cuando se quiere determinar si una región es apta para el cultivo del café. Es importante tomar en consideración las temperaturas medias de los meses más cálidos y de los más fríos. Como temperatura media del mes más cálido se dan valores de 23 °C y 27 °C. Se estima que valores superiores a este límite aceleran el crecimiento vegetativo, reduciéndose el proceso de floración y fructificación. Mientras que la temperatura del mes más frío, si es inferior a 16 °C ó 13 °C el crecimiento cesa y el arbusto alcanza poco tamaño; sin embargo temperaturas cerca de 0 °C no son

perjudiciales, si se mantienen por corto tiempo. Siendo la temperatura media anual óptima de los 17 °C y 23 °C.

- **Humedad relativa**

La humedad relativa no es un factor determinante en el cultivo de café, no obstante se señala que un promedio de humedad relativa de 70 a 90 % es recomendable para el café, si esta es mayor a 90 %, se estimula el ataque de enfermedades fungosas (Alvarado y Rojas, 2007).

Según Gómez O. (2010) la humedad ayuda a fraccionar o disipar los rayos solares sirviendo como filtro y disminuyendo la intensidad lumínica. El rango aceptable para el cultivo de café es de 65 a 85 %. Si la humedad relativa excede el 85 % se afecta la calidad del café y se favorece la incidencia de enfermedades. En localidades donde existen estas condiciones puede cultivarse el cafeto a plena exposición solar.

- **Precipitación.**

Según Camayo *et al.* (2003) el cultivo de cafeto requiere de una precipitación anual entre 1 600 y 1 800 mm, con un mínimo absoluto de 1 000 mm. Precipitaciones superiores a los 3 000 mm deben considerarse como inapropiadas para este cultivo.

El rango de lluvia para el cultivo de café es de 1 200 a 1 800 mm, para lograr una buena floración se necesitan un promedio de 20 mm bien distribuidas durante el año. La lluvia es requerida de seis a diez semanas después de la fecundación para el llenado del grano y de 29 a 33 para su maduración. El período seco se requiere para estimular el crecimiento de las raíces, desarrollo de ramas

laterales, hojas y la formación de capullos florales. Durante este período se detiene el crecimiento vegetativo y eso hace que las yemas se diferencien en florales en lugar de vegetativas. Aunque el cafeto muestra cierto grado de tolerancia a la sequía, un período seco prolongado disminuye la cosecha del año siguiente y puede ocasionar deficiencias nutricionales por una menor difusión de elementos en el suelo. Si este periodo seco coincide con el lapso de crecimiento acelerado del grano, puede aumentar el porcentaje de granos vanos y negros afectando el rendimiento y la calidad del café. Mientras que la lluvia excesiva inhibe la diferenciación de las yemas florales; también puede ocasionar deficiencias de nitrógeno por dilución del elemento y reducción del crecimiento de la planta. Esta puede dar lugar a floraciones múltiples e irregularidades en la cosecha y la caída del fruto (Gómez O, 2010).

2.7. Los Sistemas Agroforestales (SAF) en el cultivo de cafeto.

La Agroforestería es un sistema de manejo sostenible de los cultivos y del suelo por medio del cual se busca aumentar los rendimientos en forma continua combinando la producción de las especies arbóreas con cultivos de valor económico (Farfán, 2014).

La importancia de los sistemas agroforestales en el cultivo del café y su efecto en las diferentes interacciones depende de las condiciones del sitio (suelo y clima), la selección del genotipo (especie, variedad y procedencia), las características bajo y sobre el suelo de los árboles y los cultivos, así como de las prácticas de manejo del cultivo principal, las mismas que pueden afectar positiva o negativamente la producción del café**,** por el cual los árboles en los Sistemas Agroforestales deberían tener una menor utilidad y no deben causar pérdidas

en la productividad por más preciado que sea su servicio ambiental (Farfán, 2007).

En un Sistema Agroforestal se distinguen dos tipos de ingresos y productos: a) biofísicos, como el agua, la energía solar, los nutrientes del suelo, sombra y control de la erosión. b) socioeconómicos, que son los productos que pueden ser comprados, vendidos (Ospina, 2009).

En cuanto a la importancia en el ámbito socioeconómico (manejo) de los Sistemas Agroforestales se basa principalmente en la sostenibilidad y la conservación de los recursos y su biodiversidad, por lo cual son muy importantes en el desarrollado como una opción para el manejo y conservación de los recursos naturales, mientras que en el ámbito biológico este va a depender del manejo técnico que se dé al sistema que está relacionada con la producción total de biomasa ha^{-1} (Villavicencio, 2013).

Estos Sistemas Agroforestales regulan la intensidad de la luz, reducen los cambios bruscos de temperatura y el efecto de los viento (Arcila, 2007); además, reducen la erosión de los suelos, bajan los costos de control de arvenses y favorecen el reciclaje del material orgánico, dando producciones de café totales mayores y brindando sostenibilidad al sistema (Pérez y Geissert, 2006). Estos arreglos regulan la temperatura de la atmósfera del cafetal, produciendo una disminución de la evapotranspiración, el alargamiento de la vida útil de la plantación, la regulación de la producción y el control de algunas plagas (Siles y Vaast, 2002).

2.8. El sistema agroforestal café y la radiación solar

La disponibilidad de la radiación solar necesaria para los procesos físicos y biológicos que se dan en el cultivo, están determinados por el macroclima de la

región (latitud y día del año), por las condiciones de nubosidad que determinan las cantidades de radiación directa y difusa y por las propiedades del follaje como el tamaño y disposición de las hojas, la estructura de la planta, distancia de siembra; las mismas que determinan cambios en los procesos de evaporación, calentamiento del aire y calentamiento del suelo (Jaramillo, 2005).

2.9. El sistema agroforestal café y la Biodiversidad

Los sistemas agroforestales son sistemas realmente diseñados para mejorar los medios de vida de los agricultores, ya que nos permite de manera general tener un aumento en la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad (Atangana *et al.,* 2014). Dentro de los sistemas agroforestales de café, los árboles que producen sombra pueden proporcionar múltiples beneficios; no sólo en la biodiversidad global, sino también la biodiversidad funcional, la cual puede aumentar la productividad y la resiliencia ecológica (Tscharntke *et al.,* 2011).

Los árboles de sombra desempeñan un papel importante en el control de la erosión y en el mantenimiento de la productividad del suelo al estimular la descomposición de los residuos. También pueden generar productos adicionales, tales como madera, leña y frutos, proporcionando importantes contribuciones a los medios de vida de los agricultores, especialmente en temporadas donde los precios del café son bajos o la productividad del café es baja (Atangana *et al.,* 2014).

Según García *et al*. (2006), la materia orgánica, producto de la descomposición de las hojas del Sistema Agroforestal, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo, ayudando a que los nutrientes estén disponibles para las plantas, aumentan la capacidad de intercambio catiónico, sirviendo de alimento

para algunos microorganismos solubilizadores de fósforo, degradadores de celulosa y fijadores de nitrógeno.

En el Sistema Agroforestal el componente arbóreo y arbustivo, que tienen alturas de 6 a 25 m, y 2 a 4 m, influyen en variables físicas, biológicas, ambientales, las del sistema y las químicas; entre las variables biológicas están las lombrices e invertebrados; en las variables ambientales están la regulación del microclima que evita el desecamiento y sobrecalentamiento del suelo; entre las variables del sistema están, la producción, la calidad y la cantidad de la hojarasca (Lavelle *et al.,* 2003).

2.10. El sistema agroforestal café y el agua

Los árboles en los Sistemas Agroforestales ejercen influencia sobre el ciclo del agua aumentando la lluvia y la interceptación de nubes, la transpiración y retención del agua en el suelo, la reducción del escurrimiento y el aumento de la filtración evitando la escorrentía superficial, los SAF pueden reciclar nutrientes de una forma conservadora evitando su pérdida por la filtración de nutrientes, lo cual hace que estos reduzcan la contaminación del agua del suelo por los nitratos y otras sustancias perjudiciales para el medio y la salud humana. Como resultado del menor escurrimiento y filtración, las microcuencas hidrográficas tienen una mayor cubierta forestal que cubren un alto porcentaje de la superficie del suelo producen agua de alta calidad (Montagnini *et al.,* 2015).

2.11. El sistema agroforestal café y su efecto en la fotosíntesis

La mayor parte de la fotosíntesis ocurre en las hojas, que en su superficie se encuentran los estomas, que permiten que el dióxido de carbono se difunda hacia el mesófilo y el oxígeno hacia el exterior. Cada célula mesófila contiene

organelos llamados cloroplastos, cuyos tilacoides se especializan en llevar a cabo las reacciones de la primera etapa fotosintética.

Las membranas de los tilacoides contienen un pigmento de color verde llamado clorofila**,** que absorbe la luz. En ciclo de Calvin, la fotosíntesis se lleva a cabo en el estroma y no necesita luz directamente. Utiliza el ATP y NADPH de las reacciones dependientes de la luz para fijar el dióxido de carbono y producir azúcares. Sin embargo en las reacciones dependientes de la luz, capturan energía luminosa y la almacenan de forma temporal de ATP y NADPH para transformar el CO_2 en una triosa o gliceraldehido, como primera azúcar estable (KHAN, 2018).

Las hojas que reciben sol directo muestran una tasa de fotosíntesis menor que las hojas en la sombra, debido a que están sujetas a fotoinhibición (inhibición de la fotosíntesis causada por el exceso de radiación), y a fotorrespiración (utilizan O_2 y producen CO_2) en condiciones de alta radiación, que no permiten fotosíntesis e incluso pueden provocar daños permanentes en el aparato fotosintético (Chaves *et al.* 2008).

En consecuencia, la tasa de fotosíntesis de las hojas de café es relativamente baja (máximo alrededor de 10 µmol CO_2 m^{-2} s^{-1}). La principal limitación a la fotosíntesis parece estar relacionada con una baja conductancia estomática de las hojas (DaMatta, 2004).

La fotosíntesis del cafeto no se reduce en condiciones de sombra inferiores a 55%. Estos elementos son muy generales, pero pueden variar mucho según las condiciones climáticas y de manejo del cultivo (Franck y Vaast, 2009). Por ejemplo, la fotosíntesis del café es muy sensible a temperaturas altas, y la

sombra, que permite reducir los extremos de temperatura en el dosel del café, puede influir más sobre la fotosíntesis en ambientes cálidos que en ambientes frescos. La fertilización nitrogenada incrementa la tasa de fotosíntesis, y por lo tanto también aumenta la capacidad del cultivo de aprovechar altas intensidades de radiación solar. En consecuencia, en algunos casos, la sombra podrá tener efectos menos positivos en plantaciones con alta fertilización de N (Montagnini *et al*., 2015).

2.12. El sistema agroforestal café y su efecto en el suelo

El sistema Agroforestal café ayuda al incremento en el contenido de materia orgánica del suelo, a través de la adición de la hojarasca y de otras partes vegetales. Favorece al ciclaje de nutrientes en las plantas, con una disminución en la pérdida de nutrientes localizados debajo de la zona de absorción del suelo. Debido a la asociación que existe entre árboles, arbustos de especies leguminosas, existe una fijación biológica de nitrógeno y disponibilidad de los nutrientes en forma soluble, por ejemplo, fosfatos, a través de la actividad de las micorrizas y solubilidad del fosfato a través de la acción bacteriana (Mendieta y Rocha, 2007).

2.13. Producción de café en sistemas agroforestales

La producción de café puede ser analizada en función de las características del suelo, la altitud y la oferta ambiental. En suelos con limitaciones nutricionales o con baja capacidad de almacenamiento de agua, la ventaja potencial productiva del café a pleno sol con relación al café bajo sombra decrece en cualquier altitud, particularmente en las regiones de altitudes marginales. En cuanto a la disponibilidad de luz puede ser el factor limitante de muchos cultivos, en suelos fértiles y con adecuada disponibilidad de agua la importancia de la luz es relativa. Dicho de otra manera, en suelos pobres la planta responde positivamente a

mayores niveles de sombra, mientras que en suelos fértiles o con altos niveles de fertilización ocurre lo contrario (Farfán, 2014).

No obstante, Muschler (2000) advierte que la alta respuesta al remover la sombra en suelos fértiles no refleja tendencias a largo plazo, porque no se considera el agotamiento de la planta y la degradación del suelo sin sombra y que los pequeños productores deben trabajar en suelos relativamente pobres donde la sombra no mejora las condiciones.

Según DaMatta y Rodríguez (2007), la producción de café bajo Sistemas Agroforestales presentan las siguientes ventajas: a) mejora las condiciones microclimáticas y aumenta la disponibilidad hídrica en el suelo; b) mejora o mantiene la fertilidad del suelo al aumentar la capacidad de reciclaje de los nutrientes y la adición de residuos; c) mejora la infiltración y reduce la erosión; d) disminuye el estímulo a la superproducción para obtener un cultivo más perdurable; e) produce frutos más grandes y alarga el período de maduración del fruto.

2.14. El SAF café y las condiciones microclimáticas y disponibilidad hídrica en el suelo.

Según Gutiérrez y Fierro (2003) el aumento en la cobertura arbórea, bajo diferentes arreglos, genera beneficios ambientales que contribuyen a recuperar las características y capacidad productiva de los ecosistemas originales y disminuyen los efectos mortales del clima sobre el comportamiento animal y rendimiento de los cultivos a través de la creación de microclimas en las áreas de influencia de la cobertura arbórea. Este componente arbóreo en los sistemas agroforestales contribuyen a mantener la cantidad y calidad de agua por el aumento de la intercepción de la lluvia y las nubes (lluvia horizontal), por la

modificación de la transpiración y retención de agua en el suelo y por tanto, reduciendo la escorrentía, corredores y/o puntos discontinuos de paso; o como amortiguadores de bosques y áreas protegidas.

2.15. El SAF café en la fertilidad del suelo, en la capacidad de reciclaje de los nutrientes y la adición de residuos.

Los árboles en los sistemas agroforestales pueden reciclar los nutrientes en forma conservadora previniendo su pérdida por lixiviación, reduciendo así la contaminación de las aguas freáticas por nitratos u otras sustancias dañinas para el ambiente y la salud humana. Como resultado de menor escorrentía y lixiviación, las microcuencas con buena cobertura del suelo (forestal o de sistemas agroforestales) producen agua de alta calidad (Gutiérrez y Fierro, 2003).

2.16. El SAF café en el estímulo a la superproducción.

En el sistema agroforestal se produce una atenuación del ciclo bienal de la producción, disminuyendo el estímulo a la superproducción que, a su vez, reduce el agotamiento de la planta y el secamiento de las yemas apicales y, en última instancia, hace el cultivo más perdurable (DaMatta, 2004).

2.17. El SAF café en la producción de frutos más grandes y en el período de maduración del fruto.

Dentro del sistema se produce un alargamiento del período de maduración del fruto, que permite adoptar mayor flexibilidad en las operaciones de cosecha. No obstante, debido a las varias floraciones puede ser necesario mayor número de repases que encarecen el proceso de cosecha. El tamaño de los frutos producidos es mayor, si bien el incremento en la calidad de la bebida es asunto de controversia. (DaMatta y Rena, 2002).

2.18. Influencia de la luz en el crecimiento del café.

Según Carrasco (2009) altas intensidades de radiación y cambios en la composición espectral pueden afectar importantes procesos en los vegetales, ya que a ellos les toca adaptarse a estos cambios. La radiación solar desempeña un papel importante en los procesos naturales de la tierra como: evaporación del agua hacia la atmósfera, la humedad del aire y suelo; en la asimilación de carbono, en la temperatura de las hojas y en el balance hídrico y en el crecimiento de órganos y tejidos, principalmente en el desarrollo de tallos, expansión de hojas y en la curvatura de tallos (Viorel, 2008). La radiación y la temperatura están directamente correlacionadas. En mayores niveles de radiación hay mayor temperatura y a mayores niveles de temperatura hay mayor transpiración y consumo de agua (Caldari, 2007).

El crecimiento de las plantas resulta del aprovechamiento de la luz solar en la fabricación de los componentes constituyentes y funcionales de los distintos órganos; por lo tanto, este crecimiento está directamente relacionado con la capacidad de la copa para capturar la luz incidente (Reynolds *et al*., 2009; Hernández y Soto, 2012). Cada especie de cultivo tiene una intensidad de luz óptima que maximiza la fotosíntesis y por ende su crecimiento, por lo tanto, la capacidad de aclimatación de las plantas a una determinada intensidad lumínica es variable tanto entre especies como entre poblaciones de una misma especie (Valladares *et al.,* 2002).

2.19. Influencia de la temperatura en el crecimiento del cafeto.

Existe una estrecha relación entre la temperatura ambiente y el crecimiento de todos los organismos vivos. La temperatura en las plantas condiciona la

velocidad de las reacciones químicas catalizadas enzimáticamente y modifica la estructura y la actividad de las macromoléculas (Tadeo, 2000).

La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos que requieren de la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estado a otro en su ciclo de vida. A temperaturas superiores a la del punto de compensación de la temperatura, la fotosíntesis no puede reemplazar al carbono usado como sustrato de la respiración. Un aumento de la temperatura provoca aumentos tanto de la fotosíntesis como de la respiración en los cultivos (Valdés *et al*., 2012).

El cafeto no tolera variaciones muy amplias de temperaturas, no son adecuadas medias por debajo de los 16 ºC y por encima de los 24 °C, siendo la temperatura media óptima para los cafetales entre los 15 y 25 ºC, permitiendo una oscilación diaria de 10 ºC (Alarcó, 2011).

La temperatura también influye en el movimiento estomático; de modo general, los estomas del cafeto responden fuertemente a la demanda evaporativa de la atmósfera, lo cual se traduce en una reducción significativa de la conductancia estomática (gs) en la medida en que el aire se torne más seco por la elevación de la temperatura. En las horas del día en donde se registra alta temperatura del aire y la humedad relativa es mayor, como ocurre en las plantaciones arborizadas, puede observarse mayor abertura estomática, especialmente cuando el suministro o la disponibilidad de agua no es limitante (Dámata y Rodríguez, 2007). En Ecuador, en las zonas donde se cultiva café, el promedio de temperatura varía desde 17,5 hasta 25,3 °C (Duicela y Corral, 2009).

2.20. Influencia del Sistema Agroforestal Café en el microclima.

Los Sistemas Agroforestales en asocio con el cultivo del café aportan múltiples beneficios en cuanto a la trasferencia de nutrientes, ya que su principal función es la de dar sombra al café y ayudando de esta manera a conservar la humedad del suelo, mediante la formación constante de una cobertura natural de hojarasca, lo que incrementa a la vez la cantidad de materia orgánica que se da por la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, convirtiéndose en humus, como también por la actividad biológica de los organismos vivos que contiene contribuyendo a que haya una recirculación de nutrientes y fijación de nitrógeno (García, 2010).

Muchos de los sistemas agroforestales, por su estructura (altura, estratos diferentes) y su elevado índice de área foliar, tienen un contacto muy intenso con la atmósfera. Por lo tanto los sistemas agroforestales pueden modificar de manera muy fuerte los procesos meteorológicos particularmente a escala microclimática, tales como el balance de radiación y la distribución de la radiación solar dentro de la cobertura, el balance de energía, la intercepción y redistribución del agua y la circulación de dióxido de carbono; en comparación con áreas abiertas, donde se presentan a mayor intensidad estos procesos (Gliessman, 2002).

El aumento en la cobertura arbórea, bajo diferentes arreglos, genera beneficios ambientales que contribuyen a recuperar las características y capacidad productiva de los ecosistemas originales y disminuyen los efectos letales del clima sobre el comportamiento animal y rendimiento de los cultivos a través de la creación de microclimas en las áreas de influencia de la cobertura arbórea. Existe

una reducción en la velocidad del viento, por efecto de las barreras vivas, que disminuye hasta en 20% la tasa de evapotranspiración en el suelo y la cobertura vegetal, mitigando los efectos del estrés de sequía en los cultivos. En esta zona de protección de las barreras vivas, cubre una distancia hasta de 30 veces la altura del dosel; ya que la disminución en la tasa de evaporación, permite reducir el efecto del estrés de sequía, en las praderas durante el período seco (Gutierrez, 2006).

3. METODOLOGÍA

3.1. Localización del estudio

El estudio se realizó en tres sitios previamente seleccionados y que se encuentran dentro de los tres pisos altitudinales: 1 500 a 1 700 m s. n. m., 1 700 a 1 900 m s. n. m., y más de 1 900 m s. n. m., de la zona cafetalera Quilanga - Espíndola (Figura 1), que se encuentra ubicada al Sureste de la provincia de Loja, en el siguiente rango de coordenadas planas: 9 528 500 – 9 476 000 S y 664 200 - 688 000 E, con un rango de altitud que va de 1 500 a más de 1 900 m s.n.m.

- **Ubicación Geográfica**

Se seleccionaron tres sitios previamente establecidos con pisos altitudinales diferentes: Fundochamba a 1 676 m s.n.m; Consapamba a 1 738 m s.n.m y San Pedro a 1 932 m s.n.m; y, que se encuentran en la zona cafetalera Quilanga - Espíndola ubicado al SE de la provincia de Loja, en el siguiente rango de coordenadas planas:

9 530 318 – 9 475 000 S y 664 200 - 688 000 E.

- Fundochamba: 9 521 005.908 S y 677 014.678 E (Quilanga).
- Consapamba: 9 490 631.681 S y 676 301.625 E (Espíndola).
- San Pedro: 9 525 175.40 S y 677 420.17 E (Quilanga).

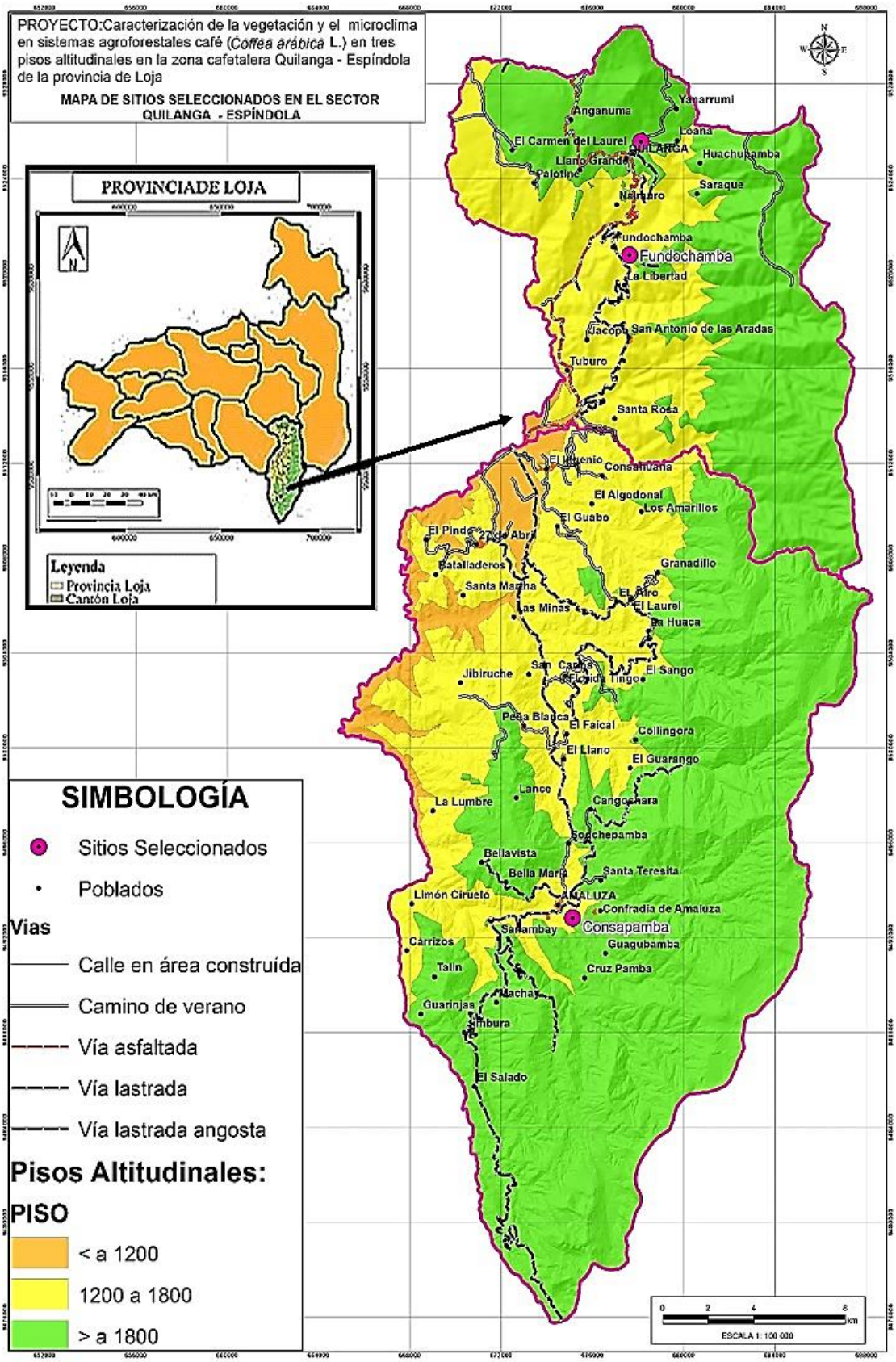


Figura 1. Mapa de la zona Quilanga - Espíndola con los sitios seleccionados para la caracterizacion de la vegetacion y el microclima de los Sistemas Agroforestales café. Los círculos indican los sitios específicos para las evaluaciones.

- **Zonas Ecológicas y de vida**

Estos dos cantones están en la zona de vida Matorral Húmedo Montano que comprende los valles relativamente húmedos, ubicados de sur a norte en los cantones Espíndola, Quilanga, Gonzanamá, Loja y Saraguro entre 2 000 y 3 000 m s.n.m. (Prefectura de Loja, 2011).

- **Zonas Edafoclimáticas**

El cantón Quilanga tiene una temperatura media de 17 ^{0}C y una pluviosidad comprendida entre 1 000 y 1 400 mm (Ortuño y Salinas, 2012). Esta zona se caracteriza por tener suelos con profundidad media, cuya capa arable va desde los 0,30 m a 0,40 m, generalmente son arcillosos, frágiles, de color rojizo amarillento, pesados, saturados de agua y poco fértiles, con un pH muy ácido, con pendientes pronunciadas, ocupados en su mayoría por pastos (60%) ya sea silvopasturas o pasto natural; seguido de suelo de uso forestal en la que se encuentran bosques naturales (GAD Quilanga, 2014-2019).

Mientras que la zona de Espíndola posee varios climas frío, templado y subtropical y una temperatura media de 19.9 ºC y con precipitaciones de 951 mm (Cueva, 2010).

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Materiales y equipos utilizados en la caracterización de la vegetación

Claves taxonómicas de especies arbóreas y arbustivas, cámara fotográfica, spray color azul, cinta métrica de 100 cm, cintas plásticas amarillas para delimitar cada parcela, hipsómetro, regla, lápiz, hojas de registro y calculadora.

3.2.2. Materiales y equipos utilizados en la caracterización microclimática

Dos anemómetros digitales, marca AIMO modelo MS6252B, dos luxómetros SPER SCIENTIFIC, modelo 840022, regla, lápiz, borrador y hojas de registro.

Además, se utilizaron computadora, programas estadísticos (Excel, InfoStat/L) y calculadora.

3.3. Metodología general

La investigación realizada fue descriptiva y relacional. Para seleccionar una finca en cada piso altitudinal, primeramente se realizó un recorrido por las diferentes lugares de los cantones de Quilanga y Espíndola, registrando la ubicación geográfica y la altitud de cada finca representativa productora de café, luego del cual se realizó un muestreo aleatorio de poblaciones, en donde las especies que conforman el sistema agroforestal, constituye la población de cada sistema en cada piso altitudinal.

De manera general, se caracterizó el clima de cada sitio de estudio mediante los indicadores de temperatura, humedad relativa y precipitación a partir de los datos mensuales plurianuales de 6 años de la estación meteorológica más cercana. Se tomó en cuenta la estación meteorológica de Amaluza (INHAMI) ubicada a 1 672 m s. n. m. para el sitio Consapamba (Anexo 1), y para el caso de Fundochamba y San Pedro la estación meteorológica de Quilanga (INHAMI), ubicada a 1 956 m s. n. m (Anexo 2).

Además, cada sitio de muestreo se georreferenció con el uso de un GPS Magellan.

3.3.1.2. Metodología para el primer objetivo

"Caracterizar la composición y distribución de la vegetación arbórea y arbustiva en los Sistemas Agroforestales de Café (Coffea arabica L.) en tres pisos altitudinales de la zona cafetalera Quilanga–Espíndola".

Para cumplir con este objetivo en cada sitio se establecieron tres parcelas de 40 por 40 m (1 600 m^2) que fueron delimitadas con cintas de plásticas amarillas, y con spray color azul se marcaron los árboles ubicados en el perímetro del área seleccionada, ayudando así a reconocer cada una de las parcelas, en donde se procedió a evaluar las siguientes variables: especies arbóreas y arbustivas presentes, altura, diámetro de la copa, densidad relativa, índice de valor de importancia simplificado (IVIs), edad del cultivo, los cultivares y la tecnología de manejo.

Los valores se registraron en una matriz (Anexo 3) que sirvió como hoja de campo. Para el procesamiento de los datos se realizó el análisis de varianza y correlaciones, aplicando Infostat y Excel, expresando estos resultados en porcentaje.

Las correlaciones fueron valoradas como baja (0-0,20), media (0,20-0,60) y alta (0,60- 1,0), según la escala propuesta por Martínez *et al*. (2009).

a. Especies arbóreas y arbustivas presentes.

Esta variable se estableció en cada parcela incluyendo solamente individuos con un DAP igual o mayor a 5 cm (Vargas *et al.,* 2015). En las especies que no fueron conocidas se tomaron muestras de plantas y fotografías para su posterior identificación en el herbario de la Universidad Nacional de Loja.

Cada especie medida fue marcada con un Spray color rojo para evitar repeticiones lo cual ayudó a seguir un proceso ordenado.

b. Altura. La medición se realizó con el uso de un hipsómetro y se determinó la variación de la estructura de la vegetación (Elosegi y Sabater, 2009).

c. Diámetro de la copa. Para esta variable se usó un flexómetro extendiéndola entre dos personas bajo la copa, primero midiendo en dirección norte-sur y luego en dirección este-oeste; finalmente se promediaron las dos mediciones que fue registrado en la matriz de campo (Mora, 1984).

d. Índice de valor de importancia simplificada (IVIs). Esta variable ayudó a jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados y se calculó de la siguiente manera Muñoz *et al.* (2014):

IVIs = Densidad relativa + Frecuencia relativa.

$$Densidad\ relativa = \frac{Densidad\ absoluta\ por\ cada\ especie}{Densidad\ absoluta\ de\ todas\ las\ especies} * 100.$$

$$Frecuencia\ relativa = \frac{Frecuencia\ absoluta\ por\ cada\ especie}{Frecuencia\ absoluta\ por\ todas\ las\ especies} * 100.$$

Dónde:

$$Densidad\ absoluta\ = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$Frecuencia\ absoluta = \frac{\#parcelas\ en\ las\ que\ se\ encuentra\ cada\ especie}{\#\ total\ de\ parcelas\ muestreadas}$$

e. Registro de la edad del cultivo. En cada sitio se determinó la edad de los árboles de cafeto mediante entrevistas a los productores de cada zona.

f. Los cultivares y la tecnología de manejo. Estas variables se determinaron mediante entrevistas a los productores de cada zona, con observación directa y

verificando la información a través de una guía de caracterización de variedades de café (CENICAFE, 2017).

3.3.1.3. Metodología para el segundo objetivo

"Determinar la influencia del sistema agroforestal café en la variación de las condiciones microclimáticas de las plantaciones de cafeto (Coffea arabica L.) en tres pisos altitudinales de la zona cafetalera Quilanga-Espíndola".

Para cumplir con este objetivo, se establecieron tres parcelas de 1 600 m^2 en cada uno de los sitios. Durante seis meses y cada 29 días, se tomaron cinco muestras aleatorias a diferentes horas del día, unas en la mañana y otras en la tarde, en cada una de las parcelas.

Los factores que se midieron fueron: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento e intensidad de la luz, que se registraron en un formato de campo (Anexo 4). Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó porcentajes y análisis de varianza simple con software Excel e Infostat.

a. Sombra.

Esta variable se midió con un luxómetro SPER SCIENTIFIC, modelo 840022, cuya unidad de medida es el lux, que representa la intensidad de la luz. El instrumento se colocó sobre la copa del arbusto de cafeto y así mismo, simultáneamente a pleno sol a una altura aproximada de 1,8 m; con estos datos, se realizó una regla de tres simple, estableciéndose el porcentaje de sombra para cada medición.

b. Temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento.

Para evaluar estas variables se utilizó un anemómetro digital marca AIMO modelo MS6252B, el que se colocó al nivel del tercio medio de las plantas de cafeto y

simultáneamente a una altura de un metro fuera del sistema a pleno sol. Los datos se registraron en °C, % y $m.s^{-1}$ respectivamente.

En el caso de la velocidad del viento se usó la escala de Beourfort (Anexo 5).

3.3.1.4. Metodología para el tercer objetivo

"Establecer las relaciones entre las condiciones del microclima en el Sistema Agroforestal y los requerimientos del cafeto en la zona cafetalera de Quilanga–Espíndola en el Sur de Ecuador".

Con los datos obtenidos se procedió a analizar cada variable por separado y luego se realizó un análisis integral entre las condiciones disponibles y los requerimientos de cada factor del cafeto. Para ello se elaboró una matriz en la que se comparó las condiciones presentadas durante el estudio y las condiciones óptimas requeridas del café (*Coffea arabica* L.) según varios autores (Tabla 27).

4. RESULTADOS

4.1. Resultados para el primer objetivo

4.1.1. Sitio Consapamba

4.1.2. Especies arbóreas y arbustivas presentes

En el sitio Consapamba (Tabla 2) se encontraron 7 especies y 6 familias arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas dentro del Sistema Agroforestal, siendo las de mayor frecuencia el banano, *Musa paradisiaca* L. con el 54 %; seguido del porotillo, *Erythrina velutina* Willd., con el 21 %; el guabo, *Inga edulis* Mart. e higuerilla, *Ricinus communis* L. con el 9 y 8 % respectivamente.

Tabla 2. Número de especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Consapamba del cantón Espíndola, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Familia	Nombre científico	Frecuencia Absoluta	Frecuencia (%)	Plantas/ha
1	Banano	Musaceae	*Musa paradisiaca* L.	41	54	228
2	Porotillo	Fabaceae	*Erythrina velutina* Willd.	16	21	89
3	Guabo	Fabaceae	*Inga edulis* Mart.	7	9	39
4	Higuerilla	Euphorbiaceae	*Ricinus communis* L.	6	8	50
5	Mango	Anacardiaceae	*Mangifera indica* L.	4	5	33
6	Pico pico	Solanaceae	*Acnistus arborescens* (L.) Schltdl.	1	1	17
7	Aguacate	Lauraceae	*Persea americana* MILL.	1	1	17
	Total			**76**	**100**	**472**

4.1.3. Altura y diámetro de copa.

La mayor altura de las especies registradas en el sitio Consapamba (Tabla 3), fue del guabo, *Inga edulis* Mart con 7,53 m; seguido de la higuerilla, *Ricinus communis* L. con 4,75 m y porotillo, *Erythrina velutina* Willd con 4 m. En cuanto al diámetro de

copa, las especies que mayor diámetro registraron, fueron: Higuerilla, *Ricinus communis* L.; guabo, *Inga edulis* Mart., y mango, *Mangifera indica* L., con 2,88 m, 2,61 m y 1,85 m, respectivamente.

En cuanto al coeficiente de variación en la altura y diámetro de copa, el mango, *Mangifera indica* L. obtuvo un valor de 42 y 92, siendo la especie con mayor variación, lo que nos permitió evidenciar la heterogeneidad dentro del sistema agroforestal, misma que influye de forma directa en el porcentaje de sombra del cultivo.

Tabla 3. Promedios de altura y diámetro de copa dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Consapamba del cantón Espíndola, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Nombre científico	Altura		Diámetro de copa	
			m	c v	m	c v
1	Guabo	*Inga edulis* Mart.	7,53	26	2,61	47
2	Higuerilla	*Ricinus communis* L.	4,75	24	2,88	29
3	Porotillo	*Erythrina velutina* Willd.	4,00	26	1,40	38
4	Mango	*Mangifera indica* L.	2,65	42	1,85	92
5	Banano	*Musa paradisiaca* L.	2,2	33	1,65	14

4.1.4. Índice de valor de importancia (IVIs).

Las especies con mayor densidad relativa e índice de valor de importancia en el sitio Consapamba (Tabla 4) fueron ordenados de mayor a menor de acuerdo a la importancia dentro del sistema, siendo las siguientes: banano, *Musa paradisiaca* L. con 53,95 y 75,4 % respectivamente; seguido del porotillo, *Erythrina velutina* Willd. con 21,05 % y 35,3 %; y guabo, *Inga edulis* Mart con 9,21 % y 30,6 %; mientras que los de menor importancia resultaron ser el mango, *Mangifera indica* L. con 1,32 % y 12,4 % y pico pico, *Acnistus arborescens* con 1,32 % y 8,5 % respectivamente, lo que permitió evidenciar la abundancia y la importancia de estas especies maderables dentro del sistema agroforestal.

Tabla 4. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Consapamba del cantón Espíndola, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVIs
1	Banano	*Musa paradisiaca* L.	53,95	21,43	75,4
2	Porotillo	*Erythrina velutina* Willd.	21,05	21,43	42,5
3	Guabo	*Inga edulis* Mart.	9,21	21,43	30,6
4	Aguacate	Persea americana MILL.	7,89	14,29	22,2
5	Higuerilla	*Ricinus communis* L.	5,26	7,14	12,4
6	Mango	*Mangifera indica* L.	1,32	7,14	8,5
7	Pico pico	*Acnistus arborescens* (L.) Schltdl.	1,32	7,14	8,5
Total			**100,00**	**100,00**	**200,00**

4.1.1. Sitio: Fundochamba

4.1.1.1. Especies arbóreas y arbustivas presentes.

En el sitio Fundochamba (Tabla 5) se encontraron 15 especies entre arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas dentro del sistema agroforestal, siendo las de mayor frecuencia el guabo, *Inga edulis* Mart con el 43 %; seguido de la balsa, *Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.)* Urb. con el 18 %; mientras que con una menor frecuencia se encuentran las especies de porotillo, *Erythrina velutina* Willd.; cedro, *Cedrela odorata* L. y guararo, (*afoensia acuminata* con el 6 % cada una; además la especie naranja, *Citrus sinensis* Osbeck tiene una frecuencia del 5 %. Las demás especies tienen una frecuencia menor al 5 %, lo que nos permitió observar su diversidad dentro del sistema.

Tabla 5. Número de especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Fundochamba del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Familia	Nombre científico	Frecuencia Absoluta	Frecuencia (%)	Planta/Ha
1	Guabo	Fabaceae	Inga edulis Mart.	78	43	163
2	Balsa	Malvaceae	Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb.	33	18	103

3	Porotillo	Fabaceae	Erythrina velutina Willd.	11	6	69
4	Cedro	Meliaceae	Cedrela odorata L.	11	6	23
5	Guararo	Fabaceae	Lafoensia acuminata	10	6	63
6	Naranja	Rutaceae	Citrus sinensis Osbeck	9	5	28
7	Banano	Musaceae	Musa paradisiaca L.	8	4	25
8	Aguacate	Lauraceae	Persea americana MILL.	6	3	19
9	Vainillo	Caesalpiniaceae	Caesalpinia spinosa (Molina) Kuntze	4	2	13
10	Mango	Anacardiaceae	Mangifera indica L.	4	2	8
11	Chirimoya	Annonaceae	Annona cherimola Mill.	2	1	13
12	Mandarina	Rutaceae	Citrus reticulata L.	2	1	6
13	Laurel negro	Boraginaceae	Cordia macrantha Chodat	1	1	6
14	Luma	Sapotaceae	Pouteria lúcuma (R&P) Kuntze	1	1	6
15	Guayabo	Myrtaceae	Psidium guajava L.	1	1	6
	Total			**181**	**100**	**550**

4.1.2. Altura y diámetro de copa.

En el sitio Fundochamba (Tabla 6) la especie con mayor altura registrada fue la balsa, *Ochroma pyramidale* con 19,73 m; seguido del aguacate, *Persea americana* MILL con 15,67 m; guabo, *Inga edulis* Mart con 13,77 m; cedro, *Cedrela odorata* L con 14,67 m y vainillo, *Caesalpinia spinosa (Molina)* Kuntze con 14,50 m.

En cuanto a las especies con mayor diámetro de copa fueron el mango, *Mangifera indica* L con 8,33 m; balsa, *Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.)* Urb con 7,88 m; chirimoya, *Annona cherimola* Mill con 6,25 m y vainillo, *Caesalpinia spinosa (Molina)* Kuntze con 5,93 m.

Las especies cedro, *Cedrela odorata* L con 55 y 74; vainillo, *Caesalpinia spinosa (Molina)* Kuntze con 53 y 63 y el mango, *Mangifera indica* L. con 48 y 61 fueron los individuos que presentaron mayor valor de coeficiente de variación en cuanto a la altura y diámetro de copa.

Lo que nos permitió demostrar, que dentro del sistema agroforestal el crecimiento de los individuos no es homogéneo.

Tabla 6. Promedios de altura y diámetro de copa dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Fundochamba del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Nombre científico	Altura		Diámetro de copa	
			m	c v	m	c v
1	Balsa	*Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.)* Urb.	19,73	15	7,88	34
2	Aguacate	*Persea americana* Mill.	15,67	33	5,42	25
3	Guabo	*Inga edulis* Mart.	13,77	38	4,98	46
4	Cedro	*Cedrela odorata* L.	14,67	55	5,90	74
5	Vainillo	*Caesalpinia spinosa (Molina)* Kuntze	14,50	53	5,93	63
6	Mango	*Mangifera indica* L.	9,90	48	8,83	61
7	Chirimoya	*Annona cherimola* Mill.	9,00	47	6,25	28
8	Guararo	*Lafoensia acuminata*	6,34	41	3,81	46
9	Porotillo	*Erythrina velutina* Willd.	5,86	8,6	1,23	39
10	Naranja	*Citrus × sinensis* Osbeck	5,73	36	3,51	46
11	Mandarina	*Citrus reticulata*	4,10	3	3,85	13
12	Banano	*Musa paradisiaca* L.	3,06	32	2,01	39

4.1.3. Índice de valor de importancia (IVIs).

En el sitio Fundochamba (Tabla 7) se ordenaron los resultados de mayor a menor, de acuerdo a la importancia dentro del sistema, las especies con mayor densidad relativa e índice de valor de importancia fueron: guabo, *Inga edulis* Mart. con 43,09 % y 53,81 % respectivamente; balsa, *Ochroma pyramidale* con 18,23 % y 28,95 % y cedro, *Cedrela odorata* L. con 6,08 % y 16,79 % respectivamente, lo que permitió evidenciar la abundancia y la importancia de estas especies maderables dentro del sistema agroforestal.

Tabla 7. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio Fundochamba del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Nombre científico	Densidad relativa	Frecuencia relativa	IVIs
1	Guabo	*Inga edulis* Mart.	43,09	10,71	53,81
2	Balsa	*Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.)* Urb.	18,23	10,71	28,95
3	Cedro	*Cedrela odorata* L.	6,08	10,71	16,79
4	Porotillo	Erythrina velutina Willd.	6,08	3,57	9,65
5	Naranja	*Citrus sinensis Osbeck*	4,97	10,71	15,69
6	Banano	*Musa paradisiaca* L.	4,42	7,14	11,56
7	Aguacate	*Persea americana* MILL.	3,31	7,14	10,46
8	Mango	Mangifera indica L.	2,21	7,14	9,35
9	Vainillo	*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze	2,21	7,14	9,35
10	Guararo	*Lafoensia acuminata*	5,52	3,57	9,10
11	Mandarina	*Citrus reticulata* L	1,10	7,14	8,25
12	Chirimoya	*Annona cherimola* Mill.	1,10	3,57	4,68
13	Laurel	*Cordia macrantha* Chodat	0,55	3,57	4,12
14	Luma	*Pouteria lúcuma (*R&P) Kuntze	0,55	3,57	4,12
15	Guayabo	*Psidium guajava* L.	0,55	3,57	4,12
Total			**100,0**	**100,0**	**200,0**

4.2. Sitio: San Pedro

4.2.1. Especies arbóreas y arbustivas presentes.

En el sitio San Pedro (Tabla 8) se encontraron 21 especies entre arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas dentro del sistema agroforestal, siendo

las de mayor frecuencia el porotillo, *Erythrina velutina* Willd con el 28 %; seguido del banano, *Musa paradisiaca* L. con el 22 %; el mote mote, *Duranta dombeyana* y vainillo, *Senna spectabilis* con el 9 y 7 % respectivamente. Sin embargo, también se constató la presencia de guabo, especie que se repite en todos los sitios, aunque con menor frecuencia en San Pedro de Quilanga.

Tabla 8. Número de especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio San Pedro del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Familia	Nombre científico	Frecuencia Absoluta	Frecuencia (%)	Pltas./ Ha
1	Porotillo	Fabaceae	*Erythrina velutina* Willd.	53	28	110
2	Banano	Musaceae	*Musa paradisiaca* L.	42	22	88
3	Mote Mote	Verbenaceae	*Duranta dombeyana* Moldenke	16	9	33
4	Vainillo	Caesalpiniaceae	*Senna spectabilis (DC.)* H.S. Irwin & Barneby.	13	7	27
5	Chirimoya	Annonaceae	*Annona cherimola* Mill.	11	6	23
6	Naranjo	Rutaceae	*Citrus sinensis* Osbeck	8	4	17
7	Maco Maco	Sapindaceae	*Melicoccus bijugatus* Jacq. 1760	5	3	31
8	Guabo	Fabaceae	*Inga edulis* Mart.	6	3	19
9	Fresno	Bignoniaceae	*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth	6	3	13
10	Leucaena	Fabaceae	*Leucaena leucocephal a* (Lam.) de Wit.	6	3	13
11	Balsa	Malvaceae	*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.	3	2	19
12	Roble	Proteaceae	*Roupala loxensis* I.M.Johnst.	3	2	9

13	Tarapo	Asteraceae	*Verbesina pentantha* S.F.B	4	2	25
14	Guayabo	Myrtaceae	*Psidium guajava* L.	1	1	6
15	Mango	Anacardiaceae	*Mangifera indica* L.	2	1	6
16	Mandarina	Rutaceae	*Citrus reticulata*	1	1	6
17	Luma	Sapotaceae	*Pouteria lúcuma* (R&P) Kuntze	1	1	6
18	Aguacate	Lauraceae	*Persea americana* Mill.	1	1	6
19	Saca grande	Myrtaceae	*Myrcia fallax* (Rich.) DC.	2	1	13
20	Laritaco	Asteraceae	*Vernonanthura patens* (Kunth) H. Rob.	1	1	6
21	Cordoncillo/ matico	Piperaceae	*Piper aduncum* L.	2	1	13
	Total			**187**	**100**	**489**

4.2.2. Altura y diámetro de copa.

La mayor altura de las especies registradas en el sitio San Pedro (Tabla 9) fue el Vainillo, *Senna spectabilis (DC.) H.S. Irwin &* Barneby con el 19,75 m; seguido del roble, *Roupala loxensis* I.M.Johnst con 16,33 m y la balsa, *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb con 15,33m. En cuanto al diámetro de copa las especies que mayor registraron fueron: vainillo, *Senna spectabilis (DC.) H.S. Irwin &* Barneby con 10,74 m; seguido de la balsa, (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.) con 9,17 m y el roble, *Roupala loxensis* I.M.Johnst con 6,00 m.

Mientras tanto que las especies que mayor variación registraron en la altura fueron: mango, *Mangifera indica* L con 52; guabo, *Inga edulis* Mart y tarapo, *Verbesina pentantha* con 50 cada una y fresno, *Tecoma stans L* con 44. En cuanto al diámetro de copa las especies con mayor variación fueron: naranjo, *Citrus sinensis* Osbeck;

porotillo *Erythrina velutina* Willd; mango, *Mangifera indica* L y tarapo, *Verbesina pentantha* con 75, 70, 67, 61 respectivamente, lo que permitió evidenciar la heterogeneidad presente dentro del sistema agroforestal.

Tabla 9. Promedios de altura y diámetro de copa dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio San Pedro del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Nombre científico	Altura		Diámetro de copa	
			m	c v	M	c v
1	Vainillo	*Senna spectabilis (DC.)* H.S. Irwin & Barneby.	19,75	16	10,74	31
2	Roble	*Roupala loxensis* I.M.Johnst.	16,33	9	6,00	44
3	Balsa	*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.	15,33	39	9,17	58
4	Tarapo	*Verbesina pentantha* S.F.B	13,50	50	5,53	61
5	Fresno	*Tecoma stans (L.)* Juss.ex Kunth	11,00	44	3,47	39
6	Guabo	*Inga edulis* Mart.	10,53	50	4,48	39
7	Maco Maco	*Melicoccus bijugatus* Jacq. 1760	9,70	15	4,20	48
8	Leucaena	*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.	9,57	22	4,48	45
9	Saca grande	*Myrcia fallax (*Rich.) DC.	9,50	37	4,75	7
10	Mote Mote	*Duranta dombeyana* Moldenke	9,07	22	4,50	28
11	Chirimoya	*Annona cherimola* Mill.	8,68	32	6,09	53
12	Cordoncillo	*Piper aduncum* L.	6,75	05	3,50	40
13	Porotillo	*Erythrina velutina* Willd.	6,23	33	1,62	70
14	Naranjo	*Citrus sinensis* Osbeck	5,11	34	2,19	75
15	Mango	*Mangifera indica* L.	4,75	52	2,50	67
16	Banano	*Musa paradisiaca* L.	4,16	31	2,49	38

4.2.3. Índice de valor de importancia simplificado (IVIs).

En el sitio San Pedro, se ordenaron los resultados de mayor a menor, de acuerdo a la importancia dentro del sistema (Tabla 10), las especies con mayor densidad relativa e índice de valor de importancia fueron: porotillo, *Erythrina velutina* Willd

con 28,34 % y 35,84 % respectivamente; banano, *Musa paradisiaca* L con 22,46 % y 29,96 % y mote mote, *Duranta dombeyana* Moldenke con 8,56 % y 16,06 % respectivamente, lo que permitió constatar la abundancia y la importancia de estas especies dentro del sistema agroforestal.

Tabla 10. Índice de valor de importancia de las especies arbóreas y arbustivas dentro del Sistema Agroforestal en tres parcelas del sitio San Pedro del cantón Quilanga, evaluados en diciembre 2017.

N°	Nombre común	Nombre científico	Densidad relativa %	Frecuencia relativa %	IVIs
1	Porotillo	*Erythrina velutina* Willd.	28,34	7,50	35,84
2	banano	*Musa paradisiaca* L.	22,46	7,50	29,96
3	Mote Mote	*Duranta dombeyana* Moldenke	8,56	7,50	16,06
4	Vainillo	*Senna spectabilis (DC.)* H.S. Irwin & Barneby	6,95	7,50	14,45
5	Chirimoya	*Annona cherimola* Mill.	5,88	7,50	13,38
6	Naranjo	*Citrus × sinensis* Osbeck	4,28	7,50	11,78
7	Fresno	*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth	3,21	7,50	10,71
8	Leucaena	*Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.*	3,21	7,50	10,71
9	Guabo	*Inga edulis* Mart.	3,21	5,00	8,21
10	Roble	*Roupala loxensis I.M.Johnst.*	1,60	5,00	6,60
11	Mango	*Mangifera indica* L.	1,07	5,00	6,07
12	Maco Maco	*Melicoccus bijugatus Jacq. 1760*	2,67	2,50	5,17
13	Tarapo	*Verbesina pentantha* S.F.B	2,14	2,50	4,64
14	Balsa	*Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb	1,60	2,50	4,10
15	Cordoncillo	*Piper aduncum L.*	1,07	2,50	3,57
16	Saca grande	*Myrcia fallax* (Rich.) DC	1,07	2,50	3,57
17	Mandarina	*Citrus reticulata*	0,53	2,50	3,03
18	Laritaco	*Vernonanthura patens* (Kunth) H. Rob.	0,53	2,50	3,03
19	Aguacate	*Persea americana* Mill.	0,53	2,50	3,03
20	Guayabo	*Psidium guajava* L.	0,53	2,50	3,03
21	Luma	*Pouteria lúcuma* (R&P) Kuntze	0,53	2,50	3,03
Total			**100,00**	**100,00**	**200,00**

4.3. Edad del cultivo, cultivares y tecnología de manejo

En la tabla 11 se puede evidenciar la variación en la edad del cultivo de café, dependiendo de cada zona y parcela. Presentándose la mayor edad del cultivo en la parcela dos en el sitio Fundochamba.

Tabla 11. Registro de la edad del cultivo por parcela en las tres zonas de estudio.

Edad del cultivo	Consapamba	Fundochamba	San Pedro
Parcela 1	1 año	3 años	5 años
Parcela 2	3 años	16 años	8 años
Parcela 3	2 años y medio	1 año	7 años

En la tabla 12 se presentan las diferentes variedades y la tecnología del cultivo, que se da en cada uno de los sitios de la zona cafetalera Quilanga-Espíndola.

Tabla 12. Los cultivares y la tecnología de manejo en las tres zonas de estudio.

Zonas	Consapamba	Fundochamba	San Pedro
Variedades	Sarchimor	Catuaí Amarillo, Catimor y San salvador	San Salvador y Sarchimor
Densidad poblacional	3,419 plantas/ha.	5,000 plantas/ha.	5,000 a 3,419 plantas/ha.
Fertilización	En la parcela uno, no realizó ningún tipo de fertilización debido a que el cultivo tiene un año de edad. En la parcela dos y tres, realiza fertilizaciones químicas desde enero a febrero cada año.	Fertilización de base antes de la siembra con Nutrisano. Fertilización en enero con nutrisano y compost, cada año.	Fertilización de base antes de la siembra con compost de forma localizada en enero una vez por año.
Riego	Riego por aspersión en las tres parcelas en los meses de mayo a septiembre	No hace riego en la zona	No realiza ningún tipo de riego.
Poda de cafetal	No realiza podas	Poda de recepa después de la cosecha, por agosto-septiembre, cuando el cafeto está muy grande.	Poda de recepas a cafetales muy grandes.
Poda de sombra	No realiza podas	No realiza poda de árboles de sombra.	No se realizan podas de sombra.

4.4. Resultados para el segundo objetivo

4.4.1. Sitio Consapamba

4.4.2. Influencia del SAF en la variación de la sombra

En lo relacionado con este indicador, se observó que el porcentaje en las tres parcelas (Tabla 13), no se presentó diferencia significativa entre ellas, con valores que estuvieron entre **65,68 % y 67,89%.**

Tabla 13. Análisis de varianza del porcentaje de sombra de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.

Parcelas	Evaluaciones	Promedio	E.E.	Significancia
01	5	65,72	5,78	A
02	5	67,89	5,78	A
03	5	65,68	5,78	A
Media general		**66,43**		

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.3.3. Influencia del SAF en la variación de la temperatura

En lo referente a la temperatura del aire registrado en tres parcelas del sitio Consapamba (Tabla 14), se observó que no existen diferencias significativas de temperatura externa, interna y diferencia, los rangos oscilan entre **26,56** °C y **27,99** °C a nivel externo, mientras que a nivel interno fluctúa entre **24,92** °C y **26,66** °C, con diferencias de temperatura entre la interna y externa que oscila entre **-1,26 °C y -1,77 °C**.

Tabla 14. Análisis de varianza de la temperatura externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018, en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.

Parcelas	Evaluaciones	T.externa	T. interna	Diferencia	Significancia
01	5	27,99	26,52	-1,47	A
02	5	27,88	26,66	-1,26	A
03	5	26,56	24,92	-1,77	A
E.E		1,45	1,32	0,45	
Media General		**27,48**	**26,03**	**-1,50**	

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.3.4. Influencia del SAF en la variación humedad relativa

De acuerdo a esta variable registrada en las tres parcelas del sitio Consapamba (Tabla 15), se observó que no se presentó diferencias significativas de humedad relativa externa, interna y diferencia; siendo **50,10 %** la mínima y **51,20 %** la máxima a nivel externo; mientras que a nivel interno, presenta humedad relativa mínima y máxima de **52,89 %** y **55,19 %** respectivamente. En cuanto a la diferencia de humedad relativa entre la interna y externa el rango oscila entre **2,03 %** y **4,21 %**.

Tabla 15. Análisis de varianza de la Humedad Relativa externa, interna y diferencia en tres parcelas de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.

Parcelas	Evaluaciones	H.R. externa	H.R. interna	Diferencia	Significancia
01	5	51,20	53,25	2,03	A
02	5	50,10	52,89	2,79	A
03	5	50,98	55,19	4,21	A
E.E		5,48	5,52	0,88	
Media General		**50,76**	**53,78**	**3,01**	

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.3.5. Influencia del SAF en la variación del Viento

En el sitio Consapamba (Tabla 16), la velocidad del viento registrada en las tres parcelas de todas las evaluaciones realizadas, se observó que no presentan diferencias significativas de diferencia de viento externa e interna, el rango oscila entre **-0,37** y **-0,28 m.s^{-1}.**

Tabla 16. Análisis de varianza de la diferencia del viento de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Consapamba del cantón Espíndola.

Parcelas	Evaluaciones	Diferencia m.s^{-1}	E.E.	Significancia
01	4	-0,34	0,11	A
02	4	-0,28	0,11	A
03	4	-0,37	0,11	A
Media general		**-0,33**		

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.4. Sitio: Fundochamba

4.4.3. Influencia del SAF en la variación de la Sombra

En lo relacionado con esta variable del porcentaje de sombra registrado en tres parcelas del sitio Fundochamba (Tabla 17), se observó que no existen diferencias significativas entre ellas, con un porcentaje de sombra de **84,61 %** y **90,44 %** respectivamente.

Tabla 17. Análisis de varianza del porcentaje de sombra de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	Promedio	E.E.	Significancia
01	5	84,61	1,95	A
02	5	85,99	1,95	A
03	5	90,44	1,95	A
Media general		**87,01**		

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.4.4. Influencia del SAF en la variación de la temperatura

En el sitio Fundochamba (Tabla 18), en este indicador se observó que no existen diferencias significativas en las tres parcelas, en cuanto a la temperatura externa, interna y diferencia, los rangos oscilan entre **26,41 °C** y **27,48 °C** a nivel externo; **24,70 °C** y **25,03 °C** a nivel interno, y -**1,71 °C y -2,68 °C** en la diferencia de temperatura.

Tabla 18. Análisis de varianza de la temperatura externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	T. externa	T.interna	Diferencia	Significancia
01	5	26,41	24,70	-1,71	A
02	5	27,34	25,03	-2,31	A
03	5	27,48	24,80	-2,68	A
E.E		0,85	0,78	0,49	
Media General		**27,08**	**24,84**	**-2,23**	

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.4.5. Influencia del SAF en la variación de la humedad relativa

Los datos evaluados en las tres parcelas en el sitio Fundochamba (Tabla 19), se observó que no existen diferencias significativas de humedad relativa externa, interna y diferencia; siendo **48,56 %** la mínima y **54,69 %** la máxima a nivel externo, mientras que a nivel interno presenta humedad relativa mínima y máxima de **58,22 %** y **60,55 %** respectivamente. En cuanto a la diferencia de humedad relativa entre la interna y externa el rango oscila entre **5,86** y **10,54 %**.

Tabla 19. Análisis de varianza de la Humedad Relativa externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	H.R. externa	H.R. interna	Diferencia	Significancia
01	5	50,19	58,22	8,03	A
02	5	48,56	58,70	10,54	A
03	5	54,69	60,55	5,86	A
E.E		3,60	2,33	2,05	
Media General		**51,15**	**59,16**	**8,14**	

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.4.6. Influencia del SAF en la variación del Viento

En lo relacionado con este indicador, la velocidad del viento registrada en las tres parcelas del sitio Fundochamba (Tabla 20), se observó que no existen diferencias significativas de diferencia de viento externa e interna, el rango oscila entre **-0,25** y **-0,46 m.s^{-1}.**

Tabla 20. Análisis de varianza de la diferencia del viento de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio Fundochamba del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	Diferencia m.s^{-1}	E.E.	Significancia
01	4	-0,46	0,21	A
02	4	-0,39	0,21	A
03	4	-0,25	0,21	A
Media general		**-0,37**		

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.5. Sitio: San Pedro

4.5.3. Influencia del SAF en la variación de la Sombra

En lo referente a este indicador, se observó que el porcentaje de sombra de todas las fechas evaluadas, en tres parcelas en el sitio San Pedro (Tabla 21), no existen diferencias significativas entre ellas, con un porcentaje de sombra de **94,91 %** y **95,99 %** respectivamente.

Tabla 21. Análisis de varianza del porcentaje de sombra de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	Promedio	E.E.	Significancia
01	5	94,91	0,79	A
02	5	95,94	0,79	A
03	5	95,99	0,79	A
Media general		**95,61**		

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.5.4. Influencia del SAF en la variación de la Temperatura

En lo referente a la temperatura del aire de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas del sitio San Pedro (Tabla 22), se observó que no existen diferencias significativas de temperatura externa, interna y diferencia; los rangos oscilan entre **25,72** ° y **27,52 °C** a nivel externo, **23,30 °C** y **24,64 °C** a nivel interno, **-1,91 °C y -2,88 °C** en la diferencia de temperatura.

Tabla 22. Análisis de varianza de la temperatura externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	T. externa	T. interna	Diferencia	Significancia
01	5	27,52	24,64	-2,88	A
02	5	25,72	23,30	-2,42	A
03	5	25,96	24,19	-1,91	A
Media General		**26,40**	**24,04**	**-2,40**	

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.5.5. Influencia del SAF en la variación de la humedad relativa

En cuanto a la humedad relativa registrada en las tres parcelas del sitio San Pedro (Tabla 23), se observó que no existen diferencias significativas de humedad relativa externa, interna y diferencia, siendo **50,82 %** la mínima y **57,28 %** la máxima a nivel externo, mientras que a nivel interno, presenta humedad relativa mínima y máxima de **60,42 %** y **62,42 %** respectivamente. En cuanto a la diferencia de humedad relativa entre la interna y externa el rango oscila entre **3,15 %** y **9,86 %**.

Tabla 23. Análisis de varianza de la Humedad Relativa externa, interna y diferencia de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	H.R. externa	H.R. interna	Diferencia	Significancia
01	5	50,82	60,68	9,86	A
02	5	57,28	60,42	3,15	A
03	5	53,51	62,42	8,91	A
Media General		**53,87**	**61,17**	**7,31**	

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.5.6. Variable: Viento

En lo referente a esta variable la velocidad del viento registrada en las tres parcelas, de todas las evaluaciones realizadas en el sitio San Pedro (Tabla 24), se observó que no existen diferencias significativas de diferencia de viento externo e interno, el rango oscila entre **-0,73** y **-0,17 m.s^{-1}.**

Tabla 24. Análisis de varianza de la diferencia del viento de las medias de todas las evaluaciones realizadas en tres parcelas, desde diciembre 2017 hasta Mayo del 2018 en el sitio San Pedro del cantón Quilanga.

Parcelas	Evaluaciones	Diferencia m.s^{-1}	Significancia
01	4	-0,73	A
02	4	-0,17	A
03	4	-0,62	A
Media general		**-0,50**	

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a p > 0,05

4.5.7. Promedios de todas las evaluaciones realizadas desde diciembre 2017 hasta abril del 2018, en los tres sitios de estudio.

Los datos expuestos en la tabla 25, se observa los promedios de los tres sitios de todas las evaluaciones realizadas desde diciembre 2017 hasta mayo del 2018, evaluando las siguientes variables: el porcentaje de luz; la temperatura del aire, externa, interna, diferencia; humedad relativa externa, interna, diferencia; y la diferencia de la velocidad de viento en $m.s^{-1}$.

A nivel externo: en Consapamba, Fundochamba y San Pedro no existieron diferencias significativas de sombra, con promedios de 66,43 %, 87,01 % y 95,61 % respectivamente. Mientras que la temperatura y humedad relativa, no presentan diferencias significativas, con promedios de 26,40 °C, 27,08 °C y 27,48 °C cada una; en cuanto a la humedad relativa, se presentan promedios de 50,76 %, 51,15 % y 53,87 % respectivamente.

A nivel interno: En cuanto a la temperatura, existen diferencias significativas entre el sitio Consapamba y San Pedro con valores de 26,03 °C y 24,04 °C cada una; mientras que, en el caso de la humedad relativa, el sitio Consapamba presenta diferencias significativas con respecto a Fundochamba y San Pedro, con promedios de 53,78 %, 59,16 % y 61,17 % respectivamente.

Diferencias: en cuanto a la temperatura y la velocidad del viento de los tres sitios, no existen diferencias significativas, los valores se encuentran entre: **-1,50 a -2,40** °C; mientras que en la velocidad del viento los valores oscilan entre: **-0,33 a -0,50 $m.s^{-1}$**.

Tabla 25. Promedios de las tres parcelas en los tres sitios por variables, de todas las evaluaciones realizadas de diciembre de 2017 a mayo del 2018 en los sitios Consapamba del cantón Espíndola; Fundochamba y San Pedro del cantón Quilanga.

Sitios	N°	Sombra	T. del aire			H. Relativa			Velocidad del viento $m.s^{-1}$
		%	Externa (°C)	Interna (°C)	Diferencia	Externa (%)	Interna (%)	Diferencia	Diferencia
Consapamba	3	66,43 (A)	27,48 (A)	26,03 (B)	-1,50 (A)	50,76 (A)	53,78 (A)	3,01 (A)	-0,33 (A)
Fundochamba	3	87,01 (B)	27,08 (A)	24,84 (A B)	-2,23 (A)	51,15 (A)	59,16 (B)	8,14 (A)	-0,37 (A)
San Pedro	3	95,61 (C)	26,40 (A)	24,04 (A)	-2,40 (A)	53,87 (A)	61,17 (B)	7,31 (A)	-0,50 (A)

Medias con letras comunes no son significativamente diferentes a $p > 0,05$

4.6. Resultados para el tercer objetivo

4.6.1. Relaciones entre variables microclimáticas en la zona cafetalera Quilanga-Espíndola.

En la zona cafetalera de Quilanga-Espíndola, se presentan los datos de las relaciones presentes dentro del sistema agroforestal de los tres sitios evaluados (tabla 26), con un nivel de significancia del 1 %, existiendo una correlación negativa alta entre el porcentaje de sombra y temperatura interna; porcentaje de sombra y diferencia de viento, con un valor de Pearson de -0,79 y -0,71; de igual manera, la correlación entre la temperatura interna con la humedad relativa interna y, la humedad relativa interna con la diferencia de viento, con un valor de Pearson de -0,93 y -0,74 respectivamente, lo que significa que existe una relación inversa, que significa que al aumentar la una variable, la otra disminuye. Así mismo se determinó una correlación positiva alta de 0,92 entre el porcentaje de sombra y humedad relativa interna, es decir, a mayor porcentaje de sombra existe un mayor porcentaje de humedad relativa interna, existiendo una relación directa entre las variables.

Tabla 26. Análisis correlativo de las condiciones climáticas en los tres sitios de estudio, de todas las evaluaciones realizadas de diciembre de 2017 a abril de 2018 en los sitios Consapamba del cantón Espíndola; Fundochamba y San Pedro del cantón Quilanga.

Variable(1)	Variable(2)	Número	Pearson	p-valor
% Sombra	Tem.Inter	9	-0,7997	0,0097
% Sombra	H.R.Inter	9	0,9238	0,0004
% Sombra	Dif.Viento	9	-0,7188	0,0291
Tem.Inter	H.R.Inter	9	-0,936	0,0002
H.R.Inter	Dif.Viento	9	-0,7492	0,0201

4.6.2. Relaciones entre las condiciones microclimáticas en el sistema agroforestal de la zona cafetalera de Quilanga-Espíndola y los requerimientos del café.

4.6.2.1. Comportamiento de la temperatura, humedad relativa y la precipitación en la zona cafetalera Quilanga-Espíndola.

Temperatura mínima y máxima estimada para cada sitio.

De los datos registrados en la estación meteorológica de Amaluza que sirve de base para el estudio del sitio Consapamba, el comportamiento de la temperatura mínima se encontró en un promedio de 14,7 ºC (Figura 2); mientras que la temperatura promedio máxima de 25,7 ºC; por otra parte, en la estación meteorológica de Quilanga que abarca los sitios Fundochamba y San Pedro, se presentó una temperatura mínima promedio de 11,6 ºC, mientras que la temperatura máxima fue de 24,2 ºC (Figura 3).

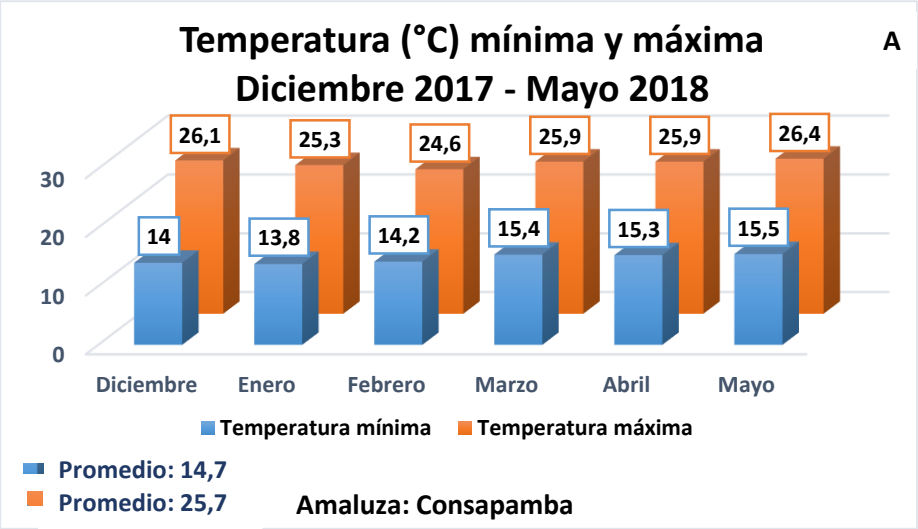


Figura 2. Temperatura mínima y máxima estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica de Amaluza (A). Diciembre 2017 a mayo 2018.

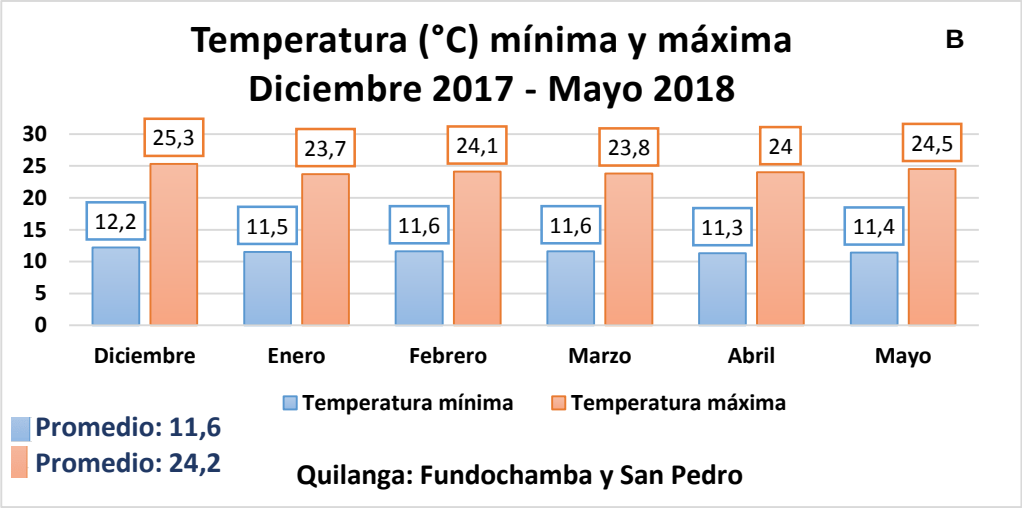
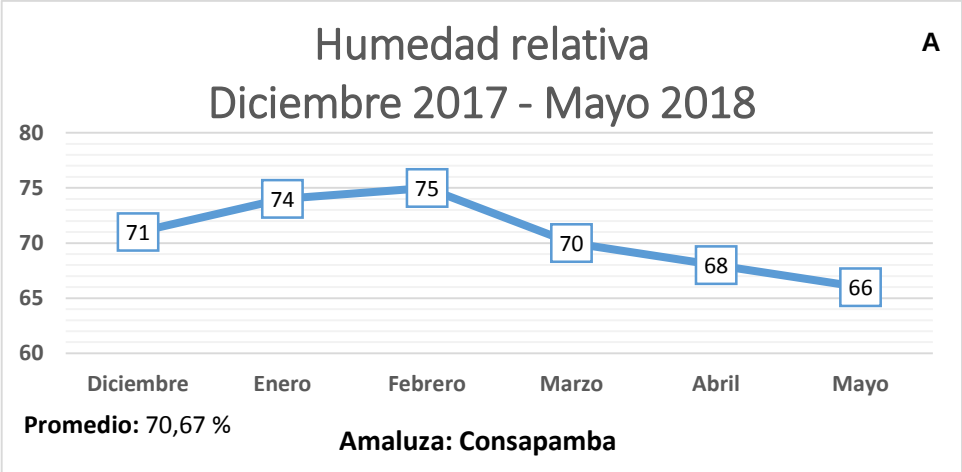


Figura 3. Temperatura mínima y máxima estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica de Quilanga (B) durante la toma de datos. Diciembre 2017 a mayo 2018.

Humedad relativa para cada sitio

De los datos registrados por el INAMHI de la estación meteorológica de Amaluza (A), en el sitio Consapamba se registran datos de humedad relativa que fluctúan entre 66 a 75 %; mientras que para los sitios de Fundochamba y San Pedro, los datos registrados por la estación meteorológica Quilanga (B) varían entre 74 y 86 % (Figura 4).



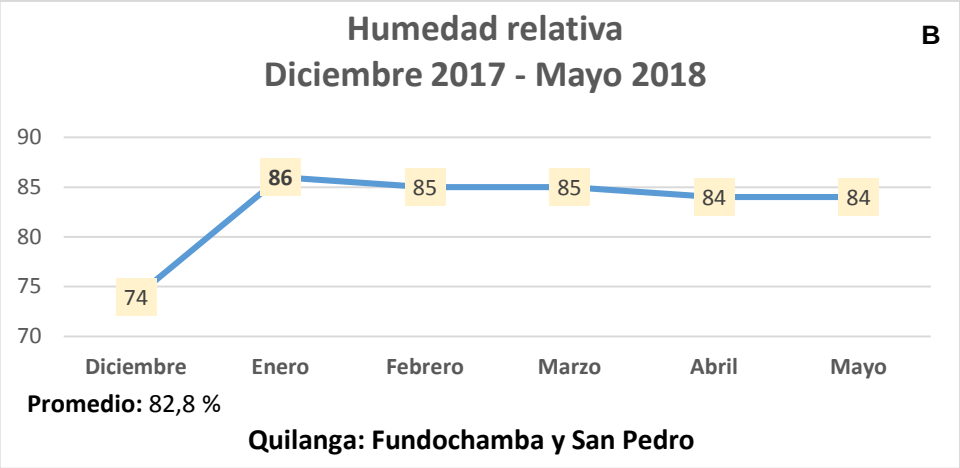
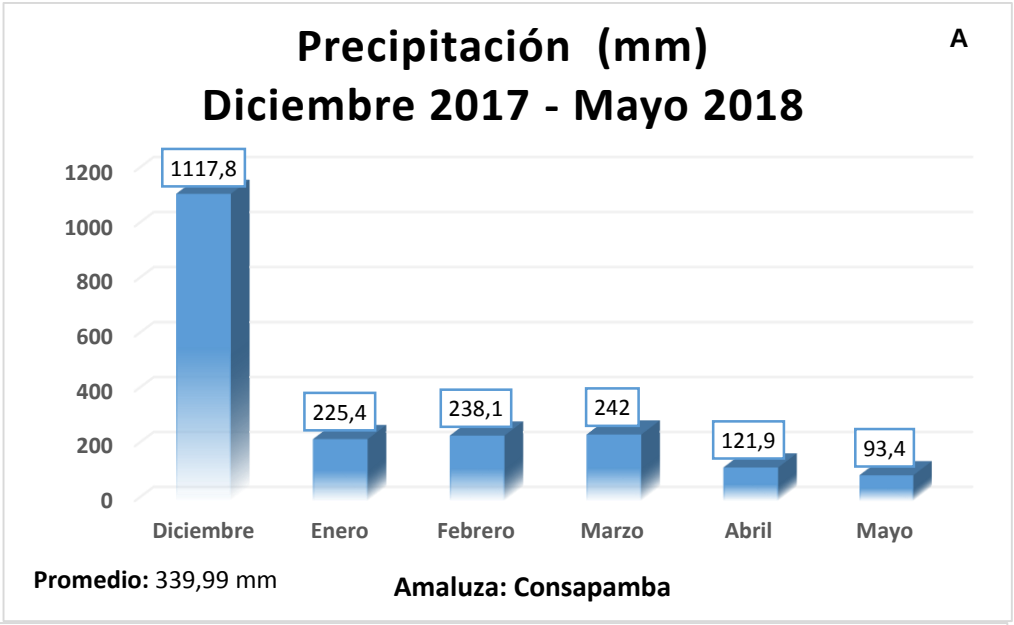


Figura 4. Humedad relativa estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica durante la toma de datos: A. Amaluza; B. Quilanga.

Precipitación de los sitios.

De los datos registrados en la estación meteorológica de Amaluza que sirve de base para el estudio del sitio Consapamba, se evidencia un comportamiento heterogéneo durante los meses de estudio, con un rango de precipitación de 93,4 a 1 117,8 mm; siendo los meses de abril y mayo los de menor precipitación, con 121,9 mm y 93,4 mm respectivamente; mientras que en diciembre se han registrado la mayor precipitación con 1 117,8 mm.

Por otra parte, en la estación meteorológica de Quilanga que abarca los sitios Fundochamba y San Pedro presentaron un rango de precipitación de 79,6 mm a 346,4 mm; siendo los meses de febrero, abril y mayo los de precipitación mínima con 145,4 mm, 120,7 mm y 94,8 mm respectivamente; en tanto que los meses de enero y marzo los de máxima precipitación con 230,5 mm y 346,4 mm cada una (Figura 5).



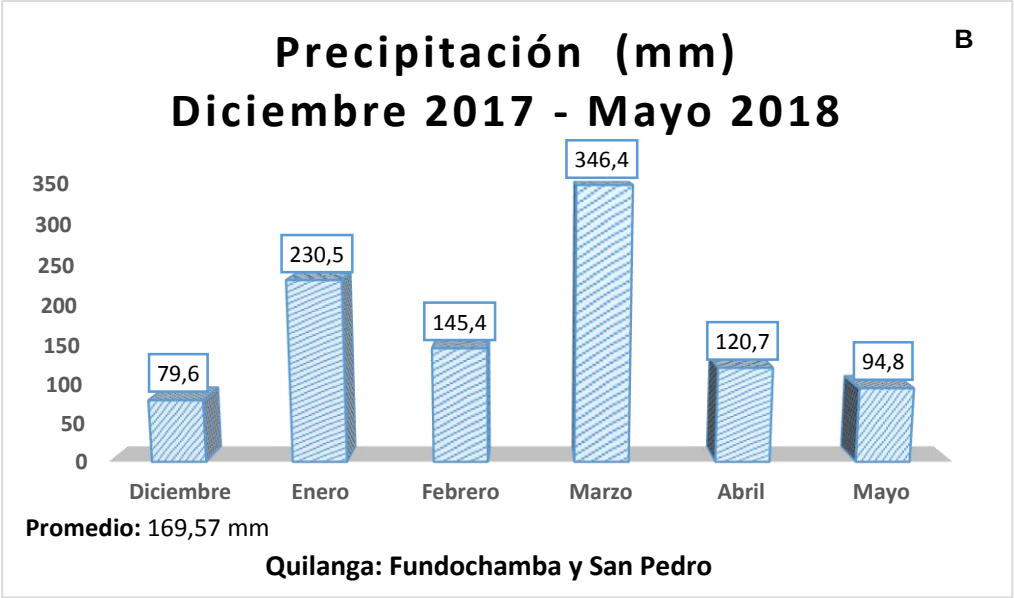


Figura 5. Media de precipitación estimada a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica de Amaluza (A) y Quilanga (B) durante la toma de datos.

4.7. Comparación de las condiciones climáticas observadas en la zona cafetalera Quilanga-Espíndola.

Tabla 27. Condiciones climáticas de todas las evaluaciones en las zonas cafetaleras de Quilanga-Espindola, periodo diciembre 2017-mayo 2018, comparadas con las condiciones sugeridas por varios autores.

Variables	Condiciones obtenidas en los sitios de estudio			Condiciones requeridas
	Consapamba	Fundochamba	San Pedro	
Sombra (%)	Promedio: 66,43 %	Promedio: 87,01 %	Promedio: 95,61 %	El porcentaje de sombra recomendable sin que afecte la producción de café, debe ser máximo del 45 % (CENICAFÉ, 2014); sin embargo, SCAN 2014 manifiesta que el porcentaje de sombra recomendable para el café está entre el 40 al 60 % de sombra, dependiendo de las condiciones ambientales y de suelo de la región cafetalera. Una sombra moderada de 50 % permiten sustentabilidad en zonas cafetaleras subóptimas (Encalada *et al,* 2016).
Temperatura promedio (°C)	Externa: 27,48 °C	Externa: 27,08 °C	Externa: 26,40 °C	La temperatura óptima para el cultivo de cafeto está entre 18 y 21 °C (Montoya y Jaramillo, 2016). El café necesita una temperatura promedio anual favorable de los 17 a 23 °C (CICAFE, 2011). Temperaturas altas inhiben el crecimiento del cafeto, a los 24 ºC la fotosíntesis decrece y se hace casi imperceptible a los 34 ºC (Andrade, 2013). Los cafetos de la especie *Coffea arabica* crecen y se desarrollan mejor bajo temperaturas que fluctúan entre los 20 y 27 °C (Gómez G, 2010).
	Interna: 26,03 °C	Interna: 24,84 °C.	Interna: 24,04 °C	
Temperatura INAMHI (°C)	Máxima: 25,7 °C	Máxima: 24,2 °C	Máxima: 24,2 °C	
	Mínima: 25,7 °C	Mínima: 11,6 °C	Mínima: 11,6 °C	
Humedad promedio (%)	Externa 50,76 %	Externa 51,15 %	Externa 53,87 %	La humedad relativa promedio recomendable para el café, *Coffea arabica*

				va desde los 70 a 90% (Alvarado y Rojas, 2007). Sin embargo Gómez O (2010), manifiesta que el rango aceptable para el cultivo de café es de 65 a 85 %.
	Interna 53,78 %	Interna 59,16 %	Interna 61,17 %	
Humedad relativa (INAMHI)	Promedio: 70,67 %	Promedio: 82,8 %	Promedio: 82,8 %	
Velocidad del viento ($m\ s^{-1}$)	Promedio: -0,33	Promedio: -0,37	Promedio: -0,51	Es perjudicial para el café, cuando se presenta una velocidad del viento mayor de 4 m s-1 (14,4 km h-1), debido a que eleva la evaporación, ocasionando que las hojas se sequen y caigan en forma prematura (Andrade E, 2013).
Precipitación en mm (INAMHI)	Promedio: 339,77	Promedio: 169,57	Promedio: 169,57	Los límites bajos y altos para un buen desarrollo de cafeto fluctúan entre 760 a 780, y de 990 a 3 000 mm, respectivamente (Andrade H, 2013). Enríquez y Duicela, 2014 manifiestan que la precipitación óptima para el cultivo de café arábigo varía de 1 200 a 1 800 mm, distribuidos en nueve meses consecutivos.

5. DISCUSIÓN

5.1. Discusión del Primer Objetivo

La diversidad de especies son características que reflejan la estructura y caracterizan a una comunidad de otra, lo que nos permite evidenciar su heterogeneidad; por tal motivo, la diversidad de especies es un aspecto muy importante que debe considerarse dentro del manejo agroforestal sostenible (Bautista, 2013). Virginio *et al.* (2014), manifiestan que las especies utilizadas para la sombra en los cafetales son frutales propias de la región, ya que de esta manera contribuyen a la conservación de la biodiversidad y al manejo sostenible de la actividad agrícola.

Entre las principales especies arbóreas y arbustivas encontradas en el sistema agroforestal café en los tres sitios de estudio son las siguientes: guabo, *Inga edulis* Mart.; banano, *Musa paradisiaca* L.; porotillo, *Erythrina velutina* Willd.; mango, *Mangifera indica* L., y vainillo, *Senna spectabilis (DC.)* H.S. Irwin & Barneby.

Al respecto, Alegre *et al.* (2014), señalan que el guabo, *Inga edulis* Mart., es una especie muy utilizada para sombra del Café, *Coffea arabica* L., ya que producen gran cantidad de hojarasca; sin embargo Escobar *et al.* (2016), reportan a esta misma especie como componente importante del sistema agroforestal; de la misma manera, estos resultados concuerdan con el estudio realizado por López *et al.* (2015) en México, en donde los tipos de sistemas que predominaron fueron los de sombra mono específica, es decir que solo utilizan especies del género *Inga* y sombra diversificada una combinación del género *Inga* con árboles frutales para consumo o árboles maderables para su venta, esto se pudo

evidenciar en los tres sitios de estudio. Sánchez *et al.* 2017 en su estudio realizado en México sobre diversificación de la sombra en café, reportaron las siguientes especies maderables: mango, *Mangifera indica* L.; roble *Roupala loxensis* I.M.Johnst.; cedro *Cedrela odorata* L., y guabo *Inga edulis* Mart., como las más utilizadas para sombra de este cultivo.

La falta de homogeneidad en las especies arbóreas y arbustivas, están dadas por la variabilidad de altura, principalmente guabo, *Inga edulis* Mart*.;* mango *Mangifera indica* L.; leucaena, *Leucaena leucocephala*; chirimoya, *Annona cherimola* Mill.; porotillo, *Erythrina velutina* Willd., y banano, *Musa paradisiaca* L., entre otros.

Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Aguirre (2014), en especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas semiáridas del sur del Ecuador; siendo además, los árboles dispersos en cultivos perennes una práctica muy difundida, usada en unos casos para regeneración natural y en otros casos, son sembradas por los propietarios con el apoyo de proyectos de desarrollo que trabajan en la zona. Estas especies están sembradas a grandes intervalos y sin orden definido, esta forma de plantación obedece a que las plantas usen el menor espacio posible, así en promedio no sobrepasan 50 plantas por hectárea. Las especies arbóreas encontradas para tal estudio fueron: *Geoffroea spinosa, Prosopis juliflora, Inga spectabilis, Mangifera indica, Persea americana Spondias purpurea* y *Swietenia macrophylla*. Los cultivos permanentes son: *Musa x paradisica, Musa sapientum*, *Saccharum officinarum, Cajanus cajan* y, frutales: *Carica papaya, Citrus sinensis* y *Citrus lemon.* Sin embargo, Ávila *et al.* (2008) afirman que el uso de sistemas de sombra homogéneos y distancias de siembra, varían debido a la altitud y

como control de sombra para el cultivo, por lo que las densidades de sombra tienden a disminuir conforme aumenta la altura.

Entre las especies que registraron mayor Índice de valor de importancia simplificado (IVIs), en los tres sitios de estudio fueron las siguientes: Porotillo, *Erythrina velutina* Willd.; banano, *Musa paradisiaca* L.; guabo, *Inga edulis* L.; balsa, *Ochroma pyramidale*; cedro, *Cedrela odorata* L.; mango, *Mangifera indica* L., y aguacate, *Persea americana mil.*, resultado que coincide con lo reportado por Villavicencio (2013) en su estudio sobre caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en México; de igual manera García *et al.* (2015) reportan como parte componente de la estructura y diversidad a las familias: Fabaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae y Malvaceae con mayor índice de valor de importancia, coincidiendo con las familias encontradas en las zonas de estudio. Lo antes mencionado nos afirma sobre los principales criterios que los productores usan al momento de tomar decisiones de dejar un árbol de sombra para el cultivo de café en Sistemas Agroforestales, tomando en cuenta el uso, el valor económico y alimenticio (Muñoz *et al.,* 2003).

5.2. Discusión del Segundo Objetivo

En lo que respecta a los porcentajes de sombra, los promedios encontrados en los tres sitios, Consapamba, Fundochamba y San Pedro fueron de: 66,43 %, 87,01 % y 95,61 %, respectivamente; lo que según Farfán (2014), la clasifica como policultivo tradicional, donde el café se cultiva bajo una combinación de árboles de bosque nativos y árboles plantados, incluyendo especies frutales, hortalizas y leguminosas, tanto para el consumo del caficultor o para la venta, que producen porcentajes de sombra que va desde el 60 % al 90 %.

Por su parte, CENICAFÉ (2014) señala que el sombrío arbóreo para un cafetal, sin que disminuya su producción, debe ser máximo del 45 % y dependiendo de la zona de cultivo. Estudios demuestran que, con niveles de sombra superiores al 40 %, la producción disminuye (Soto Pinto *et al.* 2000; Botero Jaramillo *et al.* 2010), debido a que se genera competencia por agua, luz y nutrientes con el cultivo asociado y, como consecuencia la disminución de su rendimiento; de igual manera *Castilla et al.* (2013), manifiestan que la producción está relacionada con la capacidad fotosintética de la planta; además, en estos sistemas de producción, el manejo de las interacciones biofísicas, principalmente transmisión de radiación y competencia por agua, determina en gran medida, su éxito (Brenda, 2010; Charbonnier *et al.* 2013).

Siles *et al.* (2009) y Lin (2007) manifiestan que la radiación solar que llega al cafeto se reduce considerablemente en dependencia de la densidad de sombra y el tipo de copa de los árboles utilizados; Además, Righi *et al.* (2007) en su estudio encontraron que los cafetos toleran una reducción en la disponibilidad de radiación solar del 50 % sin una caída en el crecimiento e índice de área foliar; de igual manera Staver *et al.* (2001) concluyeron que la producción es maximizada con coberturas de sombra de 35 % a 65 %. Mientras que en estudios realizados por Zapata *et al.* (2017), se encontraron que la sombra en los cafetales disminuye la transpiración del café, pero cuando es superior al 40 % reduce la fotosíntesis neta y, por ende, se ve afectada la productividad. Además, Farfán (2004) en un estudio realizado sobre sombreamiento y producción de café dentro de cada subsistema demostró que existe una relación lineal inversa entre las dos variables analizadas, es decir, si aumenta el porcentaje de sombreamiento, disminuye la

producción de café. Los datos observados indicarían que en general los cafetales no se encuentran con un porcentaje adecuado de sombra.

Además, Avelino y Rivas (2013), aseveran que las producciones de café son menores en sistemas sombreados con respectos a los de pleno sol, debido a que los frutos bajo sombra son de buen tamaño, sanos, libres de daño solar y calidad para la exportación. Lo anteriormente mencionado, nos da una visión acerca de la importancia de la producción de café bajo sombra, la misma que posibilitará la sostenibilidad de la producción y del mercado.

En cuanto a los resultados de temperatura obtenidos durante el proceso de evaluación del sistema agroforestal en los tres sitios, se registraron rangos de temperatura que van desde los 26,40 °C hasta 27,48 °C a nivel externo; mientras que a nivel interno, el rango oscila entre 24,04 °C a 26,03 °C; estas temperaturas, de acuerdo a Montoya y Jaramillo (2016) en su estudio sobre efecto de la temperatura en la producción de café, no se encuentran dentro del rango establecido, considerando que el óptimo está entre 18 y 21 °C, señalando que los cultivos de café en zonas que estén por debajo de esta temperatura, requieren mayor tiempo cronológico para alcanzar la producción potencial, mientras que cultivos en zonas por encima de esta temperatura puede verse afectado el llenado de frutos.

Las altas temperaturas del aire, de las hojas de los cafetos, del suelo, y el rocío, disminuyen dentro del sistema bajo sombra; mientras la humedad del aire (humedad relativa) tiende a aumentar (Lin 2007; López *et al.,* 2012), y junto con las altas temperaturas puede causar daños a las plantas de café, principalmente durante las etapas de floración y cosecha (Villavicencio, 2013); además Avelino

y Rivas (2013) señalan que las temperaturas entre 21 a 25 °C, favorece la germinación de esporas, y la proliferación de la antracnosis.

Por otro lado, en la zona cafetalera motivo de estudio, la diferencia de temperatura se encontró en un rango de -2,40 a -1,50 °C, donde la temperatura interna en general es menor dentro del sistema que a pleno sol, estos resultados se aseveran con los estudios realizados en plantaciones bajo sombra en San Martín por Jezeer y Verweij (2015), en donde observaron que la temperatura durante el día disminuye y que la humedad del aire aumenta con los niveles crecientes de sombra. En este sentido cabe destacar que los árboles de sombra ayudan a mantener más frescos los arbustos de café durante el día y más calientes en la noche, lo cual es esencial para la productividad y la calidad del café (Lin, 2010).

En lo referente a la humedad relativa lo datos registrados en los sitos de estudio oscilan entre 50,76 y 53,87 % a nivel externo, mientras que a nivel interno varía entre 53,78 y 61,17 %. Vogel (2014), menciona que la humedad relativa óptima para el cultivo de café en sistemas agroforestales es de 65 a 85 %; además, Andrade (2013), señala que es recomendable una humedad relativa entre 70 y 95 % para el café arábigo; para Sánchez *et al.* (2013) la humedad relativa es afectada por la sombra ya que conserva el agua libre procedente de las lluvias en las plantaciones. Sin embargo, elevados porcentajes de humedad relativa, superiores al 80 % se presenta roya en el cultivo (Granados, 2015).

En la zona de estudio, la diferencia de humedad relativa se encontró en un rango de 3,01 a 7,31 %, lo cual indica que dentro del sistema, la humedad relativa aumenta con respecto al nivel externo. Farfán (2004), manifiesta sobre la

importancia de los árboles de sombra, ya que regulan la humedad y la temperatura dentro del cultivo, reduce la evapotranspiración de árboles y el cultivo; además, disminuyendo el daño causado por el granizo y la lluvia (Avelino y Rivas, 2013; y Thériez, 2015).

En lo referente a la diferencia de velocidad del viento entre lo interno del sistema con lo externo, se registraron valores entre -0,51 a -0,33 m s^{-1}, lo cual según la escala de Beourfort corresponde a un viento calmo. Según Vogel (2014) la velocidad del viento recomendado para el cultivo de café tiene que ser menor a 15 kilómetros por hora (4,16 m/s), pues cuando son mayores provocan daños mecánicos: caída de hojas, flores y frutos, así como deshidratación de yemas florales, hojas y frutos tiernos. Adicional a ello la reducción de la velocidad del viento en los sistemas agroforestales, también permite proteger las hojas del cafeto contra daños mecánicos y reducir la entrada de hongos oportunistas (Rapidel *et al.,* 2015).

En un estudio realizado por Bahamonde *et al*. (2011), señalan que la velocidad del viento presentan variaciones a nivel interno del sistema como a nivel externo, debido principalmente a la presencia del bosque, lo que produce un efecto de rugosidad que detiene al viento.

5.3. Discusión del Tercer Objetivo

La precipitación, según el INAMI, en la zona de Espíndola obtuvo un promedio de 339,77 mm en un rango que va desde 94,3 a 1 117,8 mm; mientras que en la zona de Quilanga, el promedio fue de 169,57 mm en un rango de 346,4 a 94,8 mm. Según Andrade (2013), señala que los límites bajos para un buen desarrollo del café oscilan entre 760 y 780 mm, mientras los límites altos fluctúan de 990 a 3 000 mm;

para Enríquez y Duicela (2014) la precipitación óptima para el cultivo de café arábigo varía de 1 200 a 1 800 mm, distribuidos en nueve meses consecutivos; datos que concuerdan con Camayo *et al.* (2003), quien señala que el cultivo de cafeto requiere de una precipitación anual entre 1 600 y 1 800 mm, con un mínimo absoluto de 1 000 mm, ya que precipitaciones superiores a los 3 000 mm son consideradas inapropiadas para este cultivo.

Para Jaramillo (2003) y Villegas (2004), indican que parte de la precipitación incidente en un área determinada es interceptada por la vegetación, lo que provoca una disminución de la cantidad de agua que llega al suelo, la misma que está relacionada con la precipitación total, la densidad de la cobertura y la estratificación de los árboles entre otros aspectos; además de ello, se produce la pérdida de suelo en sistemas agroforestales de café, debido a la cantidad de lluvia y escurrimiento superficial que llega a este sistema (Cazco, 2015).

La producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales mejora las condiciones micro-climáticas, especialmente la reducción extrema de la temperatura del aire y del suelo, reducción de la velocidad del viento, mantenimiento de la humedad relativa y aumento de la disponibilidad hídrica en el suelo, como consecuencia, los cafetales arborizados están mejor protegidos contra las heladas y se crea un ambiente más adecuado para el mantenimiento de su intercambio gaseoso (Caramori *et al.*, 2004).

6. CONCLUSIONES

En lo que respecta a la vegetación arbórea y arbustiva:

- La zona cafetalera Quilanga-Espíndola, se ubica en el piso altitudinal comprendido entre 1 500 a más de 1 900 m s.n.m., en el cual se registran temperaturas promedios de 17 a 20 °C, y corresponde a la zona de vida Matorral Húmedo Montano; con una vegetación arbórea y arbustiva predominante de las siguientes especies: banano, *Musa paradisiaca* L.; porotillo, *Erythrina velutina* Willd.; guabo*, Inga edulis* Mart.*;* mango, *Mangifera indica* L.; balsa, *Ochroma pyramidale*; cedro, *Cedrela odorata.,* entre otras especies.

- La mayor altura registrada en el periodo de evaluación, se presentó en las siguientes especies: vainillo, *Caesalpinia spinosa* con 19,75 m; balsa, *Ochroma pyramidale* con 19,73 m; roble, *Roupala loxensis* con 16,33 m; aguacate, *Persea americana* con 15,67 m; guabo, *Inga edulis* con 13,77 m; cedro, *Ochroma pyramidale* con 14,57 m; entre otras especies.

- La especie con mayor diámetro de copa y frecuencia relativa fue: guabo, *Inga edulis* con 2,61 m y banano, *Musa paradisiaca* con 21,43 % para el sitio Consapamba*;* balsa, *Ochroma pyramidale* con 7,88 m y 10,71 % para el sitio Fundochamba; y vainillo, *Caesalpinia spinosa* con 10,74 m y 7,50 % para el sitio San Pedro.

- Las especies con mayor IVIs para el sitio Consapamba fueron: banano, *Musa paradisiaca* L., con 75,4; porotillo, *Erythrina velutina* Willd., con 42,5; y guabo, *Inga edulis* Mart., con 30,6. En el sitio Fundochamba fue guabo*, Inga edulis* Mart., con 53,81*;* balsa, *Ochroma pyramidale,* con 28,95*;* y cedro,

Cedrela odorata L., con 16,79. Mientras que, en San Pedro fue porotillo, *Erythrina velutina* Willd., con 35,84; banano, *Musa paradisiaca* L., con 29,96; y mote mote, *Duranta dombeyana,* con 16,06, lo cual permite evidenciar la biodiversidad existente.

- Las principales variedades de cafeto encontradas dentro del Sistema Agroforestal en la zona de Quilanga-Espíndola fueron: Sarchimor, Catuaí Amarillo, Catimor y San salvador, con una densidad poblacional de 5,000 a 3,419 plantas/ha.

En lo que respecta al microclima de los sitios de estudio:

- El sistema agroforestal café tiene influencia en las condiciones microclimáticas, debido a la reducción de temperatura del aire, incremento de la humedad relativa interna en el sistema, respecto del medio externo. En relación al factor velocidad del viento, la influencia del sistema agroforestal café no es determinante.

En lo referente a los requerimientos óptimos del cultivo con las características encontradas:

- No existe relación entre los factores microclimáticos del sistema agroforestal café: luminosidad, expresada en sombra al interior del sistema, temperatura interna y humedad relativa interna en los tres sitios de estudio, con las exigencias del café, citadas en otros estudios en sistemas agroforestales similares.

7. RECOMENDACIONES

- Continuar los estudios sobre diferentes niveles de sombra para determinar el requerimiento óptimo del cultivo en la provincia de Loja.
- Realizar estudios sobre las especies arbóreas y arbustivas de mayor importancia en los sistemas agroforestales, que permitan obtener mejores rendimientos, tomando en cuenta las especies con mayor IVIs que se determinaron en el estudio realizado en la provincia de Loja.
- Realizar estudios similares en los meses de Junio a Noviembre, considerando que es un periodo climático diferente al estudiado.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, Z., y Aguirre, C. 2014. Especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas semiáridas del sur del Ecuador. Revista Bosques. Latitud Cero, vol. 4, pp. 21-30.
2. Alarcó, A. 2011. Modelo de gestión productiva para el cultivo de café (*Coffea arabica L.*) en el Sur de Ecuador. Investigación de fin de carrera. Universidad Polítécnica de Madrid. 228 p. España.
3. Alegre, J., García, S., Guerra, P., Lao, C., y Vega, R. 2014. Manual la materia orgánica en los Sistemas Agroforestales. Consultado el 22 de junio de 2018, en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2014-MANUALMOENSAF.pdf
4. Alvarado, M., y Rojas, G. 2007. Cultivo y Beneficiado del Café. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 11 p. ISBN: 9977-64-768-2.
5. Álvarez, O. y Montaño, T. 2015. La radiación solar global en la Región Sur de Ecuador, aproximación a partir de modelos teóricos. Revista Tecnológica ESPOL-RTE, vol. 28, no. 4, pp. 1-16. ISSN 1390-3659.
6. Andrade, E. 2013. Buenas prácticas agrícolas para café. AGROCALIDAD. MAGAP. Consultado el 19 de diciembre de 2017, en: http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/guia-cafe.pdf
7. Andrade, H., Segura, M., Canal, D., Gómez, M., Marín, M. del P., Sierra, E., Ortiz, I., Alvarado, J., y Feria, M. 2013. Estrategias de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola y forestal en el departamento del Tolima. Cultivos Tropicales (Proecut). Universidad Del Tolima, 100 p.

8. Arcila, J. 2007. Factores que determinan la productividad del cafetal. En: Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, G., Hincapié., E. Sistemas de Producción de café en Colombia. Primera edición, pp. 61-86. FNC-Cenicafé.
9. Atangana, A., Khasa, D., Chang, S., y Degrande, A. 2014. Tropical Agroforestry, in: Tropical Agroforestry. Dordrecht, Holanda: Springer Netherlands. Canadá, 380 p. ISBN 978-94-007-7722-4.
10. Avelino, J., y Rivas, G. 2013. La roya anaranjada del cafeto. Consultado el 25 de mayo de 2018, en: http://hal.archives-ouvertes.fr/hal01071036, 47 p.
11. Ávila, G., Solano, R., Rodríguez, F., y Arrieta, D. 2008. Caracterización de los sistemas agroforestales con café en el Área de Amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera La Amistad, Parque Nacional Chirripó y Parque Internacional La Amistad, Costa Rica. Consultado el 31 de mayo de 2018, en: http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2691e/A2691e.pdf
12. Bahamonde, H., Peri, P., Martínez, G., y Lencinas M. 2011. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de Nothofagus antarctica en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. 1er. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales.
13. Bautista, C. 2013. Estructura del bosque y arquitectura de brinzales de Abies religiosa en Tlaxco, Tlaxcala. Tesis de maestría Forestal, 22 p.
14. Bhagwat, S., Willis, K., Birks, H., y Whittaker, R. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?, vol. 23. Trends Ecole.

15. Botero, J., Silva, S., Prieto, M., y Pereira, F, M. 2010. La producción y el crecimiento vegetativo de los árboles de café bajo niveles de fertilización y sombra. Scientia Agrícola. (Brasil), vol. 67, no. 6, pp. 639-645.
16. Brenda, B. 2010. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems, Agricultural and Forest Meteorology (Netherlands). vol.150, no. 4, pp. 510-518.
17. Caldari, P. 2007. Manejo de la luz en invernaderos, los beneficios de luz de calidad en el cultivo de hortalizas. I Simposio Internacional de Invernaderos. México.
18. Camayo, G. C., Chaves-Córdoba, B., Arcila-Pulgarín, J., y Jaramillo-Robledo, À. 2003. Desarrollo floral del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná-Caldas. Cenicafé. Colombia, vol. 54, no. 1, pp. 35-49.
19. Camori, P. H., Ometto, J. C., y NIlson Augusto, J. D. 2004. Efeitos do vento sobre mudas de cafeeiro Mundo Novo e Catuaí Vermelho. Costa Rica. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/15050-66683-1-SM.pdf
20. Cárdenas, S. I. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica.* L) del CATIE. Tesis de Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Turrialba ,Costa Rica, 117 p.
21. Carrasco, L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. IDESIA, vol. 27, no. 3, pp. 59-76. ISSN 0718-3429.
22. Castilla, N.; Baeza, E.J.; Papadopoulos, A.P. 2013. Greenhouse technology and management. CABI Publishing. 2a ed. 360p.

23. Cazco, K. 2015. Efectos del tipo de sombra en la escorrentía y erosión en el sistema agroforestal café en la microcuenca Santa Inés, Honduras. Tesis de Ingeniera en Ambiente y Desarrollo. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 20 p.
24. CENICAFE. 2014. Mantenimiento del componente arbóreo en sistemas agroforestales con café. Avances técnicos, 8 p. ISSN - 0120 - 0178
25. CENICAFE. 2017. Guía para la caracterización de las variedades de café: Claves para su identificación. Consultado el 28 de diciembre de 2017, en: http://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/avances_tecnicos
26. Charbonnier, F.; Le Maire, G.; Dreyer, E.; Casanoves, F.; Christina, M.; Dauzat, J.; Eitel, J.; Vaast, P.; Vierling, L.; Roupsard, O. 2013. Competition for light in heterogeneous canopies: Application of MAESTRA to a coffee (Coffea arabica L.) agroforestry system. Agricultural and Forest Meteorology, vol,181:152-169.
27. CICAFE. 2011. Guía Técnica para el Cultivo del Café. Instituto del Café De Costa Rica. Centro de Investigaciones en Café, Heredia-Costa Rica, 72 p.
28. COFENAC Consejo Cafetalero Nacional. 2012. El Sector Cafetalero en el Ecuador, Diagnóstico. 55 p. Consultado: Noviembre 2017, en: http://www.cofenac.org/wp-content/uploads/2010/09/Diagn%C3%B3stico-Sector-Caf%C3%A9-Ecu2011.pdf
29. COFENAC Consejo Cafetalero Nacional. 2013. Situación del sector cafetalero ecuatoriano: diagnóstico. Portoviejo, Ecuador. 71 p.

30. COFENAC Consejo Cafetalero Nacional-MAGAP Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2014. Sistema nacional de innovación tecnológica cafetalera. Quito, Ecuador. 46 p.
31. Cueva, R. 2010. Vrolandoc. Consultado el 17 de marzo de 2010 en: https://vrolandoc.wordpress.com/2010/03/17/loja-espindola-amaluza/
32. Cumbicus, E. y Jiménez, R. 2012. Análisis Sectorial del Café en la Zona 7 del Ecuador". Trabajo de fin de carrera en administración de empresas. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador.
33. Chaves, RM; Ten-Caten, A; Pinheiro, HA; Ribeiro, ACF; DaMatta, FM. 2008. Seasonal changes in photoprotective mechanisms of leaves from shaded and unshaded eld-grown coffee (*Coffea arabica* L.) trees. Trees, vol. 22, pp 351-361. ISSN 351-361 0931-1890.
34. DaMatta, F. 2004. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field Crops Res, vol. 86, pp. 99-114. ISSN 36571-000.
35. DaMatta, F.y Rena, A. 2002. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). O estado da arte de tecnologias na produção de café. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil p. 93-135.
36. DaMatta, F. y Rodríguez, N. 2007. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: Una visión agronómica y ecofisiológica. Agronomía Colombiana, vol. 25, no. 1, pp. 113-123, ISSN 0120-9965.
37. Duicela, L. y Corral, R. 2009. Café y ambiente, reflexiones sobre la contribución de la caficultura en la conservación de los recursos naturales. COFENAC-GTZ. 110 p.

38. Echeverri, D., Buitrago, L., Montes, F., Mejía, I., y González, M. d. 2005. Café para Cardiólogos. Revista colombiana de cardiología, vol. 11, no.8, pp. 357-358. ISSN 0120-5633.
39. Encalada, M., Soto, F., y Morales, D. 2016. Crecimiento de posturas de cafeto (Coffea arabica L.) con cuatro niveles de sombra en dos condiciones edafoclimáticas de Ecuador. Cultivos Tropicales, vol. 37, no. 2, pp. 72-78.
40. Enríquez, G., y Duicela, L. 2014. Guía técnica para la Producción y poscosecha del café arábigo. 1ra Edición. Editorial COFENAC y SICA. Portoviejo – Ecuador, pp. 4-50.
41. Elosegi, A., y Sabater, S. 2009. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España: Rubes. SciELO, pp. 1-20.
42. Escobar, H. C., Burbano, T. C., Ibarra, T. B., y Belalcazar, J. A. 2016. Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica, vol 19, no. 1, pp. 105-113, ISSN 0123-4226.
43. FAPECAFES Federación Regional de Asociaciones de Pequeños Cafetaleros Ecológicos del Sur. 2017. Ecuador. Quienes somos. Consultado el 24 de Noviembre del 2017. Disponible en: http://www.fapecafes.org.ec/
44. Farfán, F. 2004. Producción de café en sistemas agroforestales, en: Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., e Hincapié, E. 2004. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 2014, 342 p.
45. Farfán, F. 2007. Producción de café en sistemas agroforestales. En: Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, G., Hincapié., E. Sistemas de Producción

de Café en Colombia, Primera edición, pp. 161–200. ISBN 978-958-8490-16-8.

46. Farfán, F. 2014. Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café. Caldas, Colombia: Manizales. 342 p. ISBN 978-958-8490-16-8.

47. FIRA Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura. 2015. Panorama Agroalimentario, Café. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial, Informe a agosto del 2015. México.

48. FLACSO y MIPRO. 2012. Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES. Obtenido de https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/dxagdqca2xnzrm5f88bjollbqsfpex.pdf

49. Franck, N; Vaast, P. 2009. Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. Tree Physiology, vol 23, no. 4, pp.761–769, ISSN 00468-009-0318.

50. García, F., Roseló, J. y Santamarina, P. 2006. Introducción al funcionamiento de las plantas. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. España. 181 p. ISBN 8497059441.

51. García, I. 2010. Técnicas aplicadas al estudio de la diversidad microbiana del suelo. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 9 p.

52. García, L., Valdez, J., Luna, M., y López, R. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. Madera y Bosques, vol. 21, no. 3, pp. 69-82. ISSN 1405-0471.

53. GAD Quilanga. 2014-2019. Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Quilanga. Consultado el 28 de diciembre del 2017 en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1160002370001_PDyOT%20QUILANGA%202014-2019_13-03-2015_13-07-43.pdf

54. Gómez, F., Roupsard, O., Le Maire, G., Taugourdeau, S., Pérez, A., Van Oijen, Vaast, P., Rapidel, B., Harmand, J., Voltz, M., Bonnefond, J., Imbach, P., y Moussa, R. 2011. Modelling the hydrological behaviour of a coffee agroforestry basin in Costa Rica. Hydrology and Earth System Sciences, vol. 15, no. 1, pp. 369-392.

55. Gómez, G. 2010. Cultivo y Beneficio del Café. Revista de Geografía Agrícola, no. 45, pp. 115 – 116. ISSN 0186-4394.

56. Gómez, O. 2010. Guía para la innovación de la caficultura: De lo convencional a lo orgánico. San Salvador, El Salvador: FUNDESYRAM. pp. 21– 23.

57. Gliessman, S. Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible. 2002. Turrialba. CATIE-LITOCAT, 359 p. ISBN: 9977573859.

58. Granados, M. 2015. Estudio de la epidemiología y alternativas de manejo agroecológico del ojo de gallo (*mycena citricolor*) en cafeto bajo sistemas agroforestales en Costa Rica. Tesis Ph.D. Rodrigo Facio, Costa Rica. UCR. 256 p.

59. Gutiérrez, B., y Fierro, L. 2003. Primer capítulo del libro “Diagnostico y Diseño Participativo en sistemas Agroforestales”. CORPOICA. Cundinamarca, Colombia. 6 p.

60. Hernández, N. y Soto, F. 2012. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo del maíz (*Zea mays* L). Cultivos Tropicales, vol. 33, no. 1, pp. 28 – 34. ISSN 1819-4087.

61. INAMHI Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2013. Consultado el 3 de noviembre del 2018.

62. INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2011. Resultados del Censo Nacional Agropecuario, Estadísticas. Consultado: octubre 2017, en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/

63. Jaramillo, A. 2003. La lluvia y el transporte de nutrimentos dentro de ecosistemas de bosque y cafetales. Cenicafé, vol. 54, no. 2, pp.134-144.

64. Jaramillo, Á. 2005. La redistribución de la radiación solar y la lluvia dentro de plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol. 24, no. 112, pp. 371-381. ISSN 0370-3908.

65. Jezeer, R., y Verweij, P. 2015. Café en Sistema Agroforestal–doble dividendo para la biodiversidad y los pequeños agricultores en Perú. Hivos, The Hague, Holanda.

66. Jiménez-Torres, A., y Massa-Sánchez, P. 2015. Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. Economía, vol. 40, no. 40, pp. 118-119. ISSN 1315-2467.

67. KHAN. 6 de Agosto de 2018. Consultado en: https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis

68. Lavelle, P., Senapati, B. y Barros, E. 2003. Soil macrofauna, en Schroth, G y Sinclair, F. Trees, Crops and Soil Fertility.CAB Internacional, pp. 303-323.

69. Lin, B. 2007. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. Agricultural and Forest Meteorology, vol. 144, pp. 85-94.

70. Lin, B. 2010. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. Agricultural and Forest Meteorology, vol. 150, no. 4, pp. 510-518.

71. López, D., Virginio, E., y Avelino, J. 2012. Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions Crop Protection, vol. 38, pp. 21-29.

72. López, F., Martínez, Y., y Villar, G. 2015. Caracterización del sistema agroforestal de café orgánico de los productores asociados a Unión Ejidos de la Selva. Memorias del V congreso latinoamericano de agroecología. Consultado el 12 de junio de 2018, en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/53270/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1

73. Martínez, R., Tuya, L., Martínez, M., Pérez, A., y Cánovas, A. 2009. El coeficiente de correlación de los rangos de spearman caracterización. Revista Habanera de Ciencias Médicas, vol. 8, no. 2.

74. Mendieta, M., y Rocha, L. 2007. Sistemas Agroforestales. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI, Nicaragua. 117 p.

75. Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., y Eibl, B. 2015. Sistemas Agroferestales: Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales Cali, Colombia: CIPAV, 454 p. ISBN: 978-958-9386-74-3.
76. Montoya, E., y Jaramillo, Á. 2016. Efecto de la temperatura en la producción de café. Cenicafé, vol. 67, no. 2, 63 p.
77. Mora, E. 1984. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. Costa Rica: AGRINTER K10.
78. Muñoz, D., Harvey, C., Sinclair, F., Mora, J., e Ibrahim, M. 2003. Conocimiento local de la cobertura arbórea en sistemas de producción ganadera en dos localidades de Costa Rica. Agroforestería en las Américas, vol. 10, no. 39-40, pp. 61-68.
79. Muñoz J.; Erazo S.; Armijos D. 2014. Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador. Ecuador. Revista CEDAMAZ, vol. 4, no.1. pp 53-61.
80. Muschler, R. 2000. Árboles en cafetales. CATIE, 139 p. Turrialba, Costa Rica. ISBN 9977-57-331.
81. Muschler, R. (2011). Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. Agroforestry Systems, 131-139.
82. Neill, D. y Jorgensen, P. 2002. Climas, en: Jorgensen, P. y León, S, L. Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador. Monogr. Syst. Bot. Missouri Botanic Garden. pp. 8-13.
83. OIC Organización Internacional del Café. 2016. Informe del mercado del café, febrero 2016. Consultado el 28 de diciembre de 2017, en: http://www.ico.org/documents/cy2015-16/cmr-0216-c.pdf

84. OIC Organización Internacional de café. 2017. Los precios del Robusta aumentaron y llegaron al nivel más alto en cinco años y medio. Consultado: noviembre de 2017, en: http://www.ico.org/documents/cy2016-17/cmr-0117-c.pdf

85. Ortuño, M., y Salinas, V. 2010. Proyecto de procesamiento y comercialización de café orgánico ecológico en la parroquia San Antonio de las Aradas, Cantón Quilanga, provincia de Loja para el año 2011.

86. Ospina, A. 2009. Aproximación a la Conservación de las Especies Vegetales Nativas en Cafetales Ecológicos con Sombrío. Artículo Agroforestal, 82 p.

87. Prefectura de Loja. (Septiembre de 2011). Prefecturaloja.gob.ec. Obtenido de https://www.prefecturaloja.gob.ec/documentos/pdtot/DIAGNOSTICO_AMBIENTAL.pdf

88. PRO-ECUADOR .2015-2016. ‘‘El café en el Ecuador. Perspectivas de exportación al Reino Unido’’. Boletín de Análisis: Mercados Internacionales, pp. 8-9. ISSN 1390-8138.

89. PRO-ECUADOR. 2016. Boletín de Análisis Mercados Internacionales. Consultado el 15 de diciembre de 2017, en http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cafe/

90. Pérez, E. y Geissert, D. 2006. Zonificación agroecológica de sistemas agroforestales: el caso café (*Coffea arabica* L.)-palma camedor (*Chamaedorea elegans Mart).* Interciencia, vol. 31, no.8, pp. 555-562. ISSN 0378-1844.

91. Ponce, L., Orellana, K. D., y Acuña, I. 2016. Diagnóstico y propuesta de un sistema de innovación tecnológica cafetalera en Ecuador. Revista Cubana de Ciencias Forestales, vol. 4, no. 2, pp. 120-129.

92. Rapidel, B., Allinne, C., Cerdan, C., Meylan L., Virginio E., y Avelino J. 2015. In: Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., y Eibl B. (Eds.). Sistemas Agroforestales: Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Colombia: CATIE, pp. 5-20. (Serie técnica. Informe técnico CATIE, 402 p.).

93. Righi, C., M. Bernardes, A. Lunz, C. Pereira, D. Neto y J. Favarin. 2007. Measurement and simulation of solar radiation availability in relation to the rowth of coffee plants in an agroforestry system with rubber trees. Árvore, vol. 31, no. 7, pp. 195-207.

94. Reynolds, M., Foulkes, J., Slafer, G., Berry, P., Parry, M., Snape, J. y Angus W. 2009. Increased biomass must be considered to be the highest priority and be addressed by manipulating photosynthetic efficiency. Raising yield potential in wheat. Journal of Experimental Botany, vol. 60, no. 7, pp. 1899–1918, ISSN 0098-8472.

95. Sánchez, E.; Dufour, B.; Olivas, A.P.; Virginio Filho, E. De M. Vilches, S.; Avelino, J. 2013. Shade has antagonistic effects on coffee berry borer Procedings of the 24th International Conference on Coffee Scince (ASIC), November 11-16, 2012, 2013. San José, Costa Rica: ASIC.

96. Sánchez, S., Mendoza, M., y García, R. 2017. Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 8, no. 40, pp. 7-17.

97. SCAN (Plataforma Nacional de Café Sostenible). 2014. La regulación de la sombra “Una alternativa para hacer el cafetal sostenible”. Consultado el 10 de abril de 2018, en: http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/Doc-2-Regulacion-de-la-sombra-Full.pdf

98. Siles, P. y Vaast, P. 2002. Physiological behavior of the coffee associated with Eucalyptus deglupta Blume, Terminalia ivorensis A. Chev and without shade. Agroforestería en las Américas, vol. 9, no. 35 – 36, pp.44-49, ISSN 1022-7482.

99. Siles, P., Harmand, J., y Vaast, P. 2010. Effects of Inga densiflora on the microclimate of coffee (Coffea arabica L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. Agroforest system. Publisched online, 18 p.

100. Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo-Hernandez, J., Caballero-Nieto, J., 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. Agric. Ecosyst. Environ. 80, 61–69. doi:10.1016/S0167-8809(00)00134-1

101. Staver, C., F. Guharay, D. Monterroso y R.G. Muschler. 2001. Designing pest suppressive multistrata perennial crop systems: shade grown coffee in Central America. Agroforestry Systems, vol. 53, pp.151- 170.

102. Suatunce, P., Díaz, G., y García, L. 2009. Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*Coffea arabica* L.) y en monocultivo en el Litoral Ecuatoriano. Ciencia y Tecnología, vol. 2, no. 2, pp. 29-34.

103. Tadeo, F. 2000. Fisiología de las plantas y el estrés; en: Azcón-Bieto, J. y Talón, M. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Primera Edición en español. Editorial Universidad de Barcelona. Pp. 481- 498. ISBN: 84-8338-182-6.

104. Thériez, M. 2015. Los efectos de la sombra sobre la energía cinética de las gotas de agua, la cobertura del suelo, la infiltración del agua, la roya y el dieback en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. Informe de pasantía voluntaria. CIRAD, 32 p.

105. Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Wanger, T. (2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry land scapes – a review, Journal of Applied Ecology, vol. 48, no. 3, pp. 619-629. ISSN 1365-2664.

106. Ureña, M. 2017. Reporte del Mercado Internacional de Café. El Cafetalero. Consultado: 20 enero 2017 en: http://www.revistaelcafetalero.com/reporte-de-mercado-octubre-2017.html

107. Vargas-Zapata MA, Boom-Urueta CJ, Seña-Ramos LI, Echeverry-Iglesias AL, Martínez Hernández NJ. 2015. Composición vegetal, preferencias alimenticias y abundancia de Biblidinae (Lepidoptera: Nymphalidae) en un fragmento de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. Acta biológica Colombiana, vol. 20, no.3, pp 79-92.

108. Valdés, J., Soto, F., Osuna, T. y Baez, M., 2012. Phenological prediction models for White corn (*Zea mayz* L.) and fall army worm (*Spodoptera frugiperda J. E.* Smith). Agrociencia, vol. 46, no. 4, pp. 399-410. ISSN 1405-3195.

109. Valladares, F., Chico, J., Aranda, I., Balaguer, L. Dizengremel, P. Manrique, E. y Dreyer, E. 2002. The greater seedling high-light tolerance off Quercus robur over Fagus silvatica is linked to a greater physiological plasticity. Trees–structure and function. Vol. 16, No.6, pp. 395-403. ISSN 1432-2285.

110. Verma, N., Lamb, D., Reid, N., y Wilson, B. 2014. An allometric model for estimating DBH of isolated and clustered Eucalyptus trees from

measurements of crown projection area. Forest Ecology and Management, pp. 125-132.

111. Villavicencio, L. 2013. Caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en San Miguel, Veracruz, México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Vol. 19, No.1, pp. 67–80. ISSN 2007-3828.

112. Villegas, J. 2004. Análisis del conocimiento en la relación agua suelo vegetación para el departamento de Antioquia. Revista EIA, vol. 1, pp. 73-79.

113. Viorel, B. (2008). Modeling Solar Radiaton at the Earthe's Surface: Recent Advance. Springer Science y Business Media. ISBN 978-3-540-77455-6.

114. Virginio, E., Caicedo, C., y Astorga, C. 2014. Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. Consultado el 08 de junio de 2018, en:file:///C:/Users/Usuario/Downloads/AgrofSostAmazoniaEcuador32014.pdf

115. Vogel, A. (2014). Plan Trifino: Programa bosques y agua/GIZ- Plan Trifinio.

116. Zapata, P., Andrade, H., y Nieto, Z. 2017. Comportamiento ecofisiológico del cafeto (*Coffea arabica* L.) CV. Castillo en sistemas agroforestales de Tibacuy, Cundinamarca. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, vol. 20, no. 1, pp. 61-70.

9. ANEXOS

Anexo 1. Medias mensuales de temperatura, humedad relativa y precipitación a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica Amaluza. Temperatura máxima media (A). Temperatura mínima media (B). Humedad relativa (C). Precipitación (D).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

A

Temperatura Máxima Media (°C)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: AMALUZA INAMHI CODIGO: M0150

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 35' 5" S LONGITUD: 79G 25' 50" W ELEVACION: 1672.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
2010	26.2	24.7	27.3	25.5	26.3	26.6	27.6	27.4	27.5	27.8	27.0	25.5	319.4
2011	25.0	23.3	25.8	24.0	25.1	26.1	25.7	27.8	26.0	25.2	25.4	23.3	302.7
2012	22.3	22.7	27.0	26.6	26.7	27.1	26.4	27.0	27.3	26.0			
2013										27.5	29.2	27.6	
2014	26.7	25.9	24.5	27.4	26.5	27.6	28.5	28.5	28.6	28.1	28.2	28.3	328.8
2015	26.7	26.6	25.0	26.1	27.5	27.2							
media	25.3	24.6	25.9	25.9	26.4	26.9	27.0	27.6	27.3	26.9	27.4	26.1	317.8
minima	22.3	22.7	24.5	24.0	25.1	26.1	25.7	27.0	26.0	25.2	25.4	23.3	
maxima	26.7	26.6	27.3	27.4	27.5	27.6	28.5	28.5	28.6	28.1	29.2	28.3	

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

B

Temperatura Mínima Media (ºC)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: AMALUZA INAMHI CODIGO: M0150

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 35' 5" S LONGITUD: 79G 25' 50" W ELEVACION: 1672.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	M
2010									13.0	12.9	13.1	13.0		
2011	13.8	13.7	14.3	12.6	13.3	14.2	13.1	15.2	14.4	14.0	13.8	12.6	165.0	
2012	11.6	13.1	14.8	14.9	15.3	15.0	14.7	15.5	16.1	14.9	14.3	14.8	175.0	
2013			16.5	17.1	16.5		15.3	16.1	16.5	16.1	16.0	15.9		
2014														
2015	16.1	15.9	16.1	16.8	17.0	17.4								
media	13.8	14.2	15.4	15.3	15.5	15.5	14.3	15.6	15.0	14.4	14.3	14.0	177.7	
minima	11.6	13.1	14.3	12.6	13.3	14.2	13.1	15.2	13.0	12.9	13.1	12.6		1
maxima	16.1	15.9	16.5	17.1	17.0	17.4	15.3	16.1	16.5	16.1	16.0	15.9		1

C

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

Humedad Relativa Media Mensual (%)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: AMALUZA INAMHI CODIGO: M0150

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 35' 5" S LONGITUD: 79G 25' 50" W ELEVACION: 1672.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	ME
2010	78	83	70	76	74	70	67	70	68	64	67	75	862	
2011	78	76	68	77	74	67	69	58	70	68	65	79	849	
2012	84	78	61	64	61	64	65	61	58	67	71	65	799	
2013	69	72	68	61	61		62	62	63	73	65	72		
2014	70	73	77	63	66	63	57	57	61	62	63	64	776	
2015	69	71	76	69	65	64								
media	74	75	70	68	66	65	64	61	64	66	66	71	814	
minima	69	71	61	61	61	63	57	57	58	62	63	64		
maxima	84	83	77	77	74	70	69	70	70	73	71	79		

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

D

Precipitación Total Mensual (mm)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: AMALUZA INAMHI CODIGO: M0150

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 35' 5" S LONGITUD: 79G 25' 50" W ELEVACION: 1672.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	ME
2010	111.8	170.3	166.1	87.1	109.8	27.8	23.9	9.8	3.5	38.9	88.6	102.7	940.3	7
2011	196.9	370.5	88.9	412.6	67.6	64.3	16.6	2.6	30.0	69.3	126.6	223.8	1669.7	13
2012	583.4	441.2	123.8	104.6	31.5	3.9	0.0	0.0	2.9	80.6	276.9	115.1	1763.9	14
2013	58.9	200.4	179.8	9.8	130.4		18.8	10.9	2.4	97.2	20.6	81.5		
2014	124.5	134.4	395.6	44.4	171.1	5.1	0.0	0.0	1.4	80.3	101.5	66.1	1124.4	9
2015	277.1	112.0	498.2	73.2	50.4	15.6								
suma	1352.6	1428.8	1452.4	731.7	560.8	116.7	59.3	23.3	40.2	366.3	614.2	589.2	7335.5	61
media	225.4	238.1	242.0	121.9	93.4	23.3	11.8	4.6	8.0	73.2	122.8	117.8	1282.8	10
minima	58.9	112.0	88.9	9.8	31.5	3.9	0.0	0.0	1.4	38.9	20.6	66.1		0
maxima	583.4	441.2	498.2	412.6	171.1	64.3	23.9	10.9	30.0	97.2	276.9	223.8		583

Anexo 2. Medias mensuales de temperatura, humedad relativa y precipitación a partir de los datos históricos de seis años de la estación meteorológica Quilanga. Temperatura máxima media (A). Temperatura mínima media (B). Humedad relativa (C). Precipitación (D).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

A

Temperatura Máxima Media (ºC)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: QUILANGA CODIGO: M0241

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 17' 40.6" S LONGITUD: 79G 24' 6.1" W ELEVACION: 1956.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MI
2012														
2013														
2014	23.7	24.1	23.8	24.0	24.5			24.5						
2015							23.7	24.5	25.2	25.1	25.0	25.3		
media	23.7	24.1	23.8	24.0	24.5		23.7	24.5	25.2	25.1	25.0	25.3	268.9	[illegible]
minima	23.7	24.1	23.8	24.0	24.5		23.7	24.5	25.2	25.1	25.0	25.3		2[illegible]
maxima	23.7	24.1	23.8	24.0	24.5		23.7	24.5	25.2	25.1	25.0	25.3		2[illegible]

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

B

Temperatura Mínima Media (°C)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: QUILANGA CODIGO: M0241

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 17' 40.6" S LONGITUD: 79G 24' 6.1" W ELEVACION: 1956.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	M
2012						11.5	11.5	11.4	11.6	11.9	12.2	10.9		
2013	11.6	11.9	12.2	11.7	11.3	12.1	12.2	12.3	12.6					
2014	11.4	11.3	11.1	10.9	11.5			14.7						
2015							15.4	15.9	14.7	13.5	12.8	13.5		
media	11.5	11.6	11.6	11.3	11.4	11.8	13.0	13.5	12.9	12.7	12.5	12.2	146.2	
minima	11.4	11.3	11.1	10.9	11.3	11.5	11.5	11.4	11.6	11.9	12.2	10.9		1
maxima	11.6	11.9	12.2	11.7	11.5	12.1	15.4	15.9	14.7	13.5	12.8	13.5		1

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

C

Humedad Relativa Media Mensual (%)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: QUILANGA CODIGO: M0241

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 17' 40.6" S LONGITUD: 79G 24' 6.1" W ELEVACION: 1956.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	ME
2012						81	81	81	82	80	82	84		
2013	85	85	85	85	84	84	82	83	81					
2014	87	85	86	84	85			93						
2015							70	59	60	67	74	65		
media	86	85	85	84	84	82	77	79	74	73	78	74	965	
minima	85	85	85	84	84	81	70	59	60	67	74	65		
maxima	87	85	86	85	85	84	82	93	82	80	82	84		

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

D

Precipitación Total Mensual (mm)

S E R I E S M E N S U A L E S D E D A T O S M E T E O R O L O G I C O S

NOMBRE: QUILANGA CODIGO: M0241

PERIODO: 2010 - 2015 LATITUD: 4G 17' 40.6" S LONGITUD: 79G 24' 6.1" W ELEVACION: 1956.00

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	ME
2012						0.0	0.0	5.1	0.0	58.3	341.2	158.7		
2013	148.8	120.1	143.8	0.0	178.4	0.0	0.0	0.0	0.0					
2014	312.2	170.7	549.0	241.4	11.2			52.2						
2015							6.3	0.0	14.0	21.1	40.2	0.6		
suma	461.0	290.8	692.8	241.4	189.6	0.0	6.3	57.3	14.0	79.4	381.4	159.3	2573.3	21
media	230.5	145.4	346.4	120.7	94.8	0.0	2.1	14.3	4.6	39.7	190.7	79.6	1268.9	10
minima	148.8	120.1	143.8	0.0	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	21.1	40.2	0.6		0
maxima	312.2	170.7	549.0	241.4	178.4	0.0	6.3	52.2	14.0	58.3	341.2	158.7		549

Anexo 3. Registro de datos de la vegetación (especies arbóreas y arbustivas).

Sitio:

Ubicación Geográfica:

N°	Especie	Nombre científico	Familia	ALTURA (m)	Perímetro (cm)	Diámetro Copa (m)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Anexo 4. Datos frecuencia absoluta y frecuencia relativa de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Consapamba (A), Fundochamba (B) y San Pedro (C).

A

N°	Nombre común	Familia	Nro. de parcelas en los que se presenta cada especie	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	Banano	Musaceae	3	1,00	21,43
2	Guabo	Fabaceae	3	1,00	21,43
3	Aguacate	Lauraceae	3	1,00	21,43
4	Porotillo	Fabaceae	2	0,67	14,29
5	Pico pico	Solanaceae	1	0,33	7,14
6	Higuerilla	Euphorbiaceae	1	0,33	7,14
7	Mango	Anacardiaceae	1	0,33	7,14
	Total		**14**	**4,67**	**100,00**

B

N°	Nombre común	Familia	Nro. de parcelas en los que se presenta cada especie	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	Balsa	Malvaceae	3	1,00	10,71
2	Guabo	Fabaceae	3	1,00	10,71
3	Naranja	Rutaceae	3	1,0	10,7
4	Cedro	Meliaceae	3	1,0	10,7
5	banano	Musaceae	2	0,7	7,1
6	Vainillo	Caesalpiniaceae	2	0,7	7,1
7	Aguacate	Lauraceae	2	0,7	7,1
8	Mango	Anacardiaceae	2	0,7	7,1
9	Mandarina	Rutaceae	2	0,7	7,1
10	Laurel	Boraginaceae	1	0,3	3,6
11	Luma	Sapotaceae	1	0,3	3,6
12	Chirimoya	Annonaceae	1	0,3	3,6
13	Porotillo	Fabaceae	1	0,3	3,6
14	Guayabo	Myrtaceae	1	0,3	3,6
15	Guararo	Fabaceae	1	0,3	3,6
	Total		**28**	**9,33**	**100,00**

C

N°	Nombre común	Familia	Nro. de parcelas en los que se presenta cada especie	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
1	Vainillo	Caesalpiniaceae	3	1,00	7,5
2	Porotillo	Fabaceae	3	1,0	7,5
3	banano	Musaceae	3	1,0	7,5
4	Naranjo	Rutaceae	3	1,0	7,5
5	Fresno	Bignoniaceae	3	1,0	7,5
6	Leucaena	Fabaceae	3	1,0	7,5
7	Mote Mote	Verbenaceae	3	1,0	7,5
8	Chirimoya	Annonaceae	3	1,0	7,5
9	Mango	Anacardiaceae	2	0,7	5,0
10	Guabo	Fabaceae	2	0,7	5,0
11	Roble	Proteaceae	2	0,7	5,0
12	Mandarina	Rutaceae	1	0,3	2,5
13	Guayabo	Myrtaceae	1	0,3	2,5
15	Tarapo	Asteraceae	1	0,3	2,5
16	Luma	Sapotaceae	1	0,3	2,5
17	Aguacate	Lauraceae	1	0,3	2,5
18	Balsa	Malvaceae	1	0,3	2,5
19	Saca grande	Myrtaceae	1	0,3	2,5
20	Maco Maco	Sapindaceae	1	0,3	2,5
21	Laritaco	Asteraceae	1	0,3	2,5
22	Cordoncillo	Piperaceae	1	0,3	2,5
	Total		**40,00**	**13,33**	**100,00**

Anexo 5. Registro de las variables micro-climáticas.

SITIO:		Hora inicio:		Hora Final:		FECHA:			Altitud:
PARCELA	**MUESTRA**	**T. Externa (°C)**	**T. Interna (°C)**	**HR. Externa (%)**	**HR. Interna (%)**	**Luz Externa (lux)**	**Luz Interna (lux)**	**Viento externo ($m\ s^{-1}$)**	**Viento externo ($m.s^{-1}$)**
1	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
2	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
3	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

Anexo 6. Escala de la velocidad del viento de Beourfort.

ESCALA DE BEAUFORT PARA LA FUERZA DEL VIENTO			
Núm. Beaufort.	**Nombre en tierra**	**Velocidad equivalente a 10 m de altura sobre el terreno descubierto intervalo metros por segundo.**	**Características para la estimación en tierra.**
0	Calma	0.0 a 0.2	El humo se eleva verticalmente
1	Ventolina	0.3 a 1.5	El viento se revela por el movimiento de el, pero no de las veletas.
2	Flojito	1.6 a 3.3	El viento se percibe en el rostro, las hojas se mueven y la veleta también.
3	Flojo	3.4 a 5.4	Hojas y ramitas se mueven constantemente, el viento desplega las banderolas.
4	Bonancible	5.5 a 7.9	El viento levanta polvo y hojitas de papel, ramitas agitadas.
5	Fresquito	8.0 a 10.7	Los arbustos con hojas se balancean, se forman olitas con cresta en los estanques.
6	Fresco	10.8 a 13.8	Las grandes ramas se agitan, los cables teleféricos silban, el uso de paraguas se hace difícil.
7	Frescachón	13.9 a 17.1	Los arboles enteros se agitan, la marcha contra el viento es penosa.
8	Duro	17.2 a 20.7	El viento rompe las ramas, la marcha contra el viento es difícil.
9	Fuerte	20.8 a 24.4	El viento ocasiona ligeros daños en las viviendas ocasiona ligeros daños en (cañerías, viviendas.)
10	Temporal	24.5 a 32.6	Raro en los continentes, árboles arrancados, importantes daños en las viviendas
11	Borrasca	28.5 a 28.4	
12	Huracán	➢ 32.7	Estragos graves y extensos

Anexo 7. Encuesta empleada a los productores de zona cafetalera Quilanga-Espíndola.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de tesis: Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales café (*Coffea arabica* L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Quilanga–Espíndola de la provincia de Loja.

Encuesta dirigida a los productores de café en Sistemas Agroforestales, en la zona de Quilanga-Espíndola con el propósito de obtener información sobre el manejo de sus cultivares con fines netamente académicos. Le rogamos se digne contestar las siguientes preguntas:

INFORMACIÓN GENERAL

Fecha: ...../.....de 2018. N°.

Nombre.....

Cantón..... Parroquia.....Barrio.....

¿Qué edad tiene su cultivo?

……

¿Qué cultivares tiene en su plantación?

……

……

¿Qué tipo de fertilización realiza y en qué época?

……

……

¿Realiza riego en su cafetal? SI ( ), No ( )

¿Cuándo realiza el riego y de qué manera?

……

……

¿Realiza podas del cafetal? SI ( ), NO ( ).

¿En qué momento realiza las podas?

……

……

¿Qué tipo de poda realiza?

……...…

¿Realiza podas de la sombra? SI ( ), NO ( ).

¿Cuándo realiza la poda de la sombra?

……

……

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN.

Anexo 8. Fotografías de los sistemas agroforestales de café en los sitios evaluados.

Figura 6. Sistema agroforestal de café del sitio Consapamba del cantón Espíndola. 17/12/2017.

Figura 7. Sistema agroforestal de café del sitio Fundochamba del cantón Quilanga. 27/04/2018.

Figura 8. Sistema agroforestal de café del sitio San Pedro del cantón Quilanga. 27/04/2018.

Anexo 9. Día de campo y socialización de los resultados de tesis.

Figura 9. Socialización de resultados en el aula del séptimo ciclo de Agronomía 28/06/2018.

Universidad Nacional de Loja

Carrera: Ingeniería Agronómica

"CICLO VII"
PERIÓDO ACADÉMICO ABRIL – SEPTIEMBRE 2018

Nómina de estudiantes presentes en la Socialización de resultados de Tesis

No	Apellidos y Nombres	Nº de Cédula	Firma
1	Asanza Espinoza Karla Jazmin	0706083292	
2	Aponte Vera Anianna Lizzette	1105456568	
3	Romero Maza Adriana Elizabeth	1105031012	
4	Edison Saul Jimenez Cambisca	1150142493	
5	Correa Campoverde Jhon Alexander	1105477922	
6	Jaen Rigaud Ximena Marilu	1104452139	
7	María José Romero Romero	1150208393	
8	Silvia Patricia Armijos Chonche	1106045014	
9	Fernandez Arteaga David Alejandro	1105023327	
10	Gordillo León Cristina del Rocío	1150009312	
11	Garca Cabrera Edith Alexandra	1106092211	
12	Thalia Belén Figueroa C	1150078515	
13	Richard Fabricio Peña González	1105920016	
14	José Eduardo Romero Alvarez	1150351941	
15	Teresa H. Jimenez Guayanay	1900766847	
16	Mildred Estrella Lozano Gonzalez	1105888563	
17	Norma Elizabeth Morocho Tapia	1950035049	
8	Silvana Elizabeth Pinta Pinta	1150143495	
19	Gabriela Beatriz Saraguro Pinta	1105035404	
20	Jose Agustin Guachamand Gonzalez	1105882416	
21	Mabily Isabel Ayala Córdova	1150144613	
22	Juliana Lilibeth Córdova Zambrano	1150071608	

Figura 10. Registro de firmas de los partícipes de la socialización 28/06/2018.