



unl



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y EL MICROCLIMA EN
LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
EN LA ÉPOCA SECA EN TRES PISOS ALTITUDINALES EN LA
ZONA CAFETALERA CHAGUARPAMBA - OLMEDO EN LA
PROVINCIA DE LOJA”.

TESIS DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA:

LEIDY ESTHEFANI GALLEGOS SONGOR

DIRECTOR:

Max Encalada Córdova Ph.D.

Loja – Ecuador

2019

CERTIFICACIÓN

Max Encalada Córdova *Ph D.*

CERTIFICA

En calidad de Director de la tesis titulada: **“Caracterización de la vegetación y el microclima en los sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* L) en la época seca en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja”**, de autoría de la señorita Leidy Esthefani Gallegos Songor, portadora de la cédula 1105815367, egresada de la carrera de Ingeniería Agronómica ha sido dirigida, revisada y culminada dentro del cronograma aprobado en su integridad.

Por tal razón, autorizo su presentación para que continúe con el proceso que corresponda.

Loja, 31 de Julio del 2019

Atentamente,


.....
Max Encalada Córdova *Ph.D.*
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Una vez cumplida la reunión del Tribunal de calificación del Trabajo Final de Tesis: “Caracterización de la vegetación y el microclima en los sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* L.) en la época seca en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja”, de autoría de la señorita Leidy Esthefani Gallegos Songor, 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, 26 de agosto del 2019.


.....
Ing. Paulina Fernández Mg. Sc.
PRESIDENTA


.....
Ing. Simón Bolívar Peña Merino Mg.Sc.
VOCAL


.....
Ing. Klever Chamba Caillagua.
VOCAL

AUTORÍA

Yo, Leidy Esthefani Gallegos Songor, declaro ser la 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: Leidy Esthefani Gallegos Songor.

Firma: 

Número de cédula: 1105815367

Fecha: 02 de septiembre del 2019.

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Leidy Esthefani Gallegos Songor declaro ser el autor de la tesis titulada "Caracterización de la vegetación y el microclima en los sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* L.) en la época seca en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en 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 el RDI, en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio con 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 ciudad de Loja, a los dos días del mes de septiembre del 2019, firma la autora.

Firma: 

Autora: Leidy Esthefani Gallegos Songor

Numero de cedula: 1105815367

Dirección: La Argelia- Loja

Correo electrónico: songor_galleguitos@hotmail.com Celular: 0969258560

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de tesis: Ing. Max Encalada Córdova Ph.D.

Tribunal de grado: Ing. Paulina Fernández Mg.Sc.

Ing. Simón Bolívar Peña Mg.Sc

Ing. Klever Chamba Caillagua.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primera estancia a Dios por haberme dado la vida, haber permitido estudiar esta hermosa carrera y más aún por bendecirme en cada momento de mi vida. Así mismo, mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi vida, a mis hermanos y hermanas por ser la motivación que siempre eh necesitado, por la confianza que día a día me dan.

Al Dr. Max Encalada Córdova por la dirección de la presente tesis, por el apoyo constante y desinteresado, por haber confiado y designado el presente trabajo, por el acompañamiento durante la ejecución de la tesis; además, por los conocimientos adquiridos durante mi etapa estudiantil; en fin, por brindarme su amistad.

Al Ing. Klever Chamba por el apoyo brindado durante la fase de campo de la tesis, de la misma manera por los conocimientos adquiridos durante los ciclos de la carrera y su amistad.

Al tribunal de grado Ing. Paulina Fernández, Ing. Simón Bolívar Peña e Ing. Klever Chamba, por el aporte para mejorar el presente trabajo.

A los propietarios de las fincas donde se realizó la investigación: Sra. Carmita Encalada y Ing. Manuel Romero, por su colaboración.

A Jhoanna por su amistad, su compañerismo, por el apoyo brindado durante toda la fase de campo de mi tesis.

A Norman Huanca por el apoyo incondicional, la amistad, su confianza y comprensión durante toda esta etapa.

Leidy Esthefani Gallegos Songor.

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios por la vida, la salud, la sabiduría que me permitió culminar con éxitos mis estudios; a mis padres Sonia y Alfredo por su apoyo incondicional, a mis hermanos por su motivación, a mi padrino Omar Yaguachi por su apoyo desinteresado y a toda mi familia de manera general.

Leidy Esthefani Gallegos Songor.

ÍNDICE GENERAL

	Pag
CERTIFICACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL.....	ii
AUTORÍA.....	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. El cultivo de cafeto	6
2.1.1. Taxonomía y morfología del cafeto.....	6
2.1.2. Condiciones edafoclimáticas del cafeto.....	7
2.2. Sistemas agroforestales con cafeto (SAF)	9
2.2.1. Concepto de sistema agroforestal.	9
2.2.2. Importancia de los sistemas agroforestales.....	9
2.2.3. Sistemas agroforestales café (SAF-café).	10
2.2.4. Especies arbóreas y arbustivas de los SAF-café.....	11
2.3. Microclima en los SAF-café.....	14

2.4.	Crecimiento y producción del cafeto en SAF.....	16
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1.	Ubicación del área del estudio.....	18
3.1.1.	Zonas edafoclimáticas.....	18
3.1.2.	Ubicación política y geográfica.	18
3.2.	Materiales.....	20
3.3.	Metodología	21
3.3.1.	Metodología para el primer objetivo.....	21
3.3.2.	Metodología para el segundo objetivo.	24
4.	RESULTADOS	26
4.1.	Composición arbórea y arbustiva existente en los SAF-café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja	26
4.1.1.	Sitio Lozumbe.	26
4.1.2.	Sitio Chaguarpamba.....	32
4.1.3.	Sitio Lobongo.	37
4.2.	Descripción de las características que presenta el microclima en los SAF-café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja.....	42
4.2.1.	Sitio Lozumbe.	42
4.2.2.	Sitio Chaguarpamba.....	47
4.2.3.	Sitio Lobongo.	53
5.	DISCUSIÓN	58
5.1.	Composición arbórea y arbustiva existente en los SAF-café.	58
5.1.1.	Especies arbóreas y arbustivas.....	58

5.1.2.	Altura y diámetro de copa.....	60
5.1.3.	Índice de Valor de Importancia Simplificado.	62
5.2.	Descripción de las características que presenta el microclima en los SAF-café.....	63
5.2.1.	Sombra.	63
5.2.2.	Temperatura del aire.	65
5.2.3.	Humedad relativa.	66
5.2.4.	Velocidad del viento.	66
5.2.5.	Correlaciones entre las variables microclimáticas.	66
6.	CONCLUSIONES.....	68
7.	RECOMENDACIONES	69
8.	REFERENCIAS.....	70
9.	ANEXOS	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la zona cafetalera de estudio Olmedo – Chaguarpamba. Los círculos representan los sitios específicos.	20
Figura 2. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lozumbe.	29
Figura 3. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lozumbe.	30
Figura 4. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Chaguarpamba.	34
Figura 5. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Chaguarpamba.	35
Figura 6. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lobongo.	39
Figura 7. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lobongo.	40
Figura 8. Medias de porcentaje de sombra de las tres parcelas en el sitio Lozumbe.	42
Figura 9. Medias de la temperatura interna y externa el sitio Lozumbe	43
Figura 10. Medias de la diferencia entre la temperatura interna y externa el sitio Lozumbe.	44
Figura 11. Medias de la humedad relativa interna y externa en el sitio Lozumbe.	44
Figura 12. Medias de la diferencia entre la humedad relativa interna y externa en el sitio Lozumbe.	45
Figura 13. Medias de la velocidad del viento interna y externa en el sitio Lozumbe.	46
Figura 14. Medias de la diferencia entre velocidad del viento interna y externa en el sitio Lozumbe.	46

Figura 15. Medias de porcentaje de sombra de las tres parcelas en el sitio Chaguarpamba.	48
Figura 16. Medias de la temperatura interna y externa en el sitio Chaguarpamba.	48
Figura 17. Medias de la diferencia entre temperatura interna y externa en el sitio Chaguarpamba.	49
Figura 18. Medias de la humedad relativa interna y externa en el sitio Chaguarpamba.	50
Figura 19. Medias de la diferencia entre humedad relativa interna y externa en el sitio Chaguarpamba.....	50
Figura 20. Medias de la velocidad del viento interna y externa en el sitio Chaguarpamba.	51
Figura 21. Medias de la diferencia entre velocidad del viento interna y externa en el sitio Chaguarpamba.	52
Figura 22. Medias de porcentaje de sombra de las tres parcelas en el sitio Lobongo.....	53
Figura 23. Medias de la temperatura interna y externa en el sitio Lobongo.....	54
Figura 24. Medias de la diferencia entre la temperatura interna y externa en el sitio Lobongo.	54
Figura 25. Medias de la humedad relativa interna y externa en el sitio Lobongo.....	55
Figura 26. Medias de la diferencia entre la humedad relativa interna y externa en el sitio Lobongo.	55
Figura 27. Medias de la velocidad del viento interna y externa en el sitio Lobongo.....	56
Figura 28. Medias de la diferencia entre la velocidad del viento interna y externa en el sitio Lobongo.	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Identificación de las especies arbóreas y arbustivas en el sitio Lozumbe, evaluadas en noviembre 2018.....	26
Cuadro 2. Coeficiente de variación de la altura y el diámetro de copa de la vegetación en el sitio Lozumbe, evaluada en noviembre 2018.	27
Cuadro 3. Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lozumbe, evaluado en noviembre 2018.	31
Cuadro 4. Identificación de las especies arbóreas y arbustivas en el sitio Chaguarpamba, evaluadas en noviembre 2018.....	32
Cuadro 5. Coeficiente de variación de la altura y el diámetro de copa de la vegetación el sitio Chaguarpamba, evaluada en noviembre 2018.	33
Cuadro 6. Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Chaguarpamba, evaluado en noviembre 2018.	35
Cuadro 7. Identificación de las especies arbóreas y arbustivas en el sitio Lobongo, evaluadas en noviembre 2018.	37
Cuadro 8. Coeficiente de variación de la altura y el diámetro de copa de la vegetación el sitio Lobongo, evaluada en noviembre 2018.....	38
Cuadro 9. Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lobongo, evaluado en noviembre 2018.	40
Cuadro 10. Correlaciones de las variables climáticas del sitio Lozumbe	47
Cuadro 11. Correlaciones de las variables climáticas del sitio Chaguarpamba.	52
Cuadro 12. Correlaciones de las variables climáticas del sitio Lobongo.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de registro de las especies arbóreas y arbustivas de sombra.....	79
Anexo 2. Encuesta dirigida a los productores de la zona cafetalera Chaguarpamba – Olmedo.....	80
Anexo 3. Formato de las variables microclimáticas externas e internas.....	84
Anexo 4. Cuadro resumen de las medias de las variables climáticas en SAF-café.....	85
Anexo 5. Escala de interpretación de Pearson.....	86
Anexo 6. Fotografías de las fincas cafetaleras evaluadas en la zona Chaguarpamba – Olmedo.....	87

“CARACTERIZACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y EL MICROCLIMA EN LOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA ÉPOCA SECA EN TRES PISOS ALTITUDINALES EN LA ZONA CAFETALERA CHAGUARPAMBA - OLMEDO EN LA PROVINCIA DE LOJA”.

RESUMEN

Conocer los sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L) en nuestra provincia es de suma importancia; por lo que se caracterizó la vegetación arbórea y arbustiva y se describió las condiciones microclimáticas de la zona cafetalera Chaguarpamba – Olmedo. Para la presente investigación se eligieron tres sitios con diferentes pisos altitudinales: Lozumbe a 850 m s.n.m., Chaguarpamba a 1 490 m s.n.m. y Lobongo a 1 700 m s.n.m. En cada sitio se trazaron tres parcelas de 400 m² cada una, se aplicó un diseño no experimental longitudinal de tendencia. Para la caracterización de la vegetación de sombra se evaluó altura, diámetro de copa, diámetro a la altura de pecho, densidad relativa, frecuencia relativa, índice de valor de importancia simplificado (IVIs); en cuanto al microclima se evaluó porcentaje de sombra, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento. En la zona de estudio se encontraron 29 especies de sombra (76 % árboles, 14 % arbustos y 10 % hierbas): en Lozumbe 14, en Chaguarpamba ocho y en Lobongo siete especies. Las especies con mayor IVIs fueron *Musa paradisiaca* L, *Inga edulis* Mill, *Cuparia sineria* Poepp y *Erythrina* sp; la sombra promedio encontrada fue de 53 %; la temperatura del aire promedio interna fue de 23,4 °C y la velocidad del viento interno fue 0,3 m s⁻¹, los datos externos fueron mayores a los internos en los tres sitios, obteniendo una diferencia promedio de 0,9 °C y 0,4 m s⁻¹ respectivamente; mientras que la humedad relativa interna promedio fue de 76,2 %, presentándose mayor dentro de SAF con una diferencia promedio de 5,8 %.

Palabras claves: Sistemas agroforestales, *Coffea*, microclima, vegetación.

ABSTRACT

It is very important to know the agroforest systems with coffee (*Coffea arabica* L.) in our province. For this reason, the tree-like and bushy vegetation was characterized and the microclimatic conditions in the coffee-growing of Chaguarpamba – Olmedo zone were described. For this research three different places with different altitudinal grounds were chosen: Lozumbe (850 m. a. s. l.), Chaguarpamba (1,490 m. a. s. l.), and Lobongo (1,700 m. a. s. l.) In every place three parcels of 400 m² each were traced. A linear non-experimental design of tendency was applied. In order to characterize the shadow vegetation, the following parameters were evaluated: height, top diameter, diameter at chest level, relative density, relative frequency, and simplified importance value index (SIVI). In relation with microclimate, the parameters evaluated were percentage of shadow, temperature of air, relative humidity, and wind speed. In the zone under study, 29 shadow species were found (76 % trees, 14 % bushes and 10 % herbs), 14 species in Lozumbe, eight in Chaguarpamba and seven in Lobongo. The most SIVI species were *Musa paradisiaca* L, *Inga edulis* Mill, *Cuparia sineria* Poepp and *Erythrina* sp. The average shadow found was 53 %. The internal average air temperature was 23.4° C and the internal wind speed 0.3 m s⁻¹. The external data were bigger than the internal ones in the three places. The average difference obtained was 0.9° C and 0.4 m s⁻¹ respectively; while the average of internal relative humidity was 76.2 %, appearing bigger in SAF with an average difference of 5.8 %.

Key words: Agroforest systems, *Coffea*, microclimate, vegetation.

1. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial, ocupa el segundo lugar después del petróleo, genera ingresos anuales mayores a USD \$15 mil millones para los países exportadores y brinda fuente de trabajo a más de 20 millones de personas; además, ocupa un lugar primordial en el mercado mundial de bebidas y constituye un elemento esencial en la vida diaria de las diferentes poblaciones (Canet *et al.*, 2016). En el año 2016 – 2017 la producción se estimó en 156,6 millones de sacos de 60 kg, lo que significa un incremento de 2,4 %; a pesar de que el consumo mundial se proyecta en 153,3 millones de sacos (Secretaría Nacional de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México, [SAGARPA], 2017).

En el Ecuador el cultivo de café se encuentra dentro de las principales actividades agrícolas que se realizan, debido a su importancia económica y social en la generación de divisas y empleo. (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria [ESPAC], 2017). Se ubica entre los diez cultivos con mayor superficie; además, es cultivado en 21 provincias del país, las principales son Manabí, Sucumbíos, Orellana y Loja; tienen el 87 % de la superficie sembrada (Montero, 2016). En la provincia de Loja el año 2016 la producción de café fue positiva en un 30 % para Espíndola con 10 qq ha⁻¹ de café pilado y 10 % para Puyango con 6,6 qq ha⁻¹ de café pilado, mayor al año anterior, mientras que en el cantón Loja, (Vilcabamba y San Pedro), los

rendimientos fueron menores (9 qq ha^{-1}), el volumen decreció en 40 %; (Banco Central del Ecuador, 2017).

Según Ocampo y Álvarez (2017) las tendencias decrecientes en la producción de café se dan debido a factores como la variabilidad climática, el manejo del cultivo, el incremento del precio, la escasez de mano de obra y la volatilidad de los precios; por ende, afecta la industria cafetera; frente a lo anterior World Coffee Research (2017) plantea alternativas como la creación de nuevas variedades de híbridos F1 mejor adaptadas al cambio climático y una de las estrategias claves identificadas para la tolerancia al clima es la agroforestería.

Los sistemas agroforestales de café (SAF-café) mantienen la biodiversidad y es una manera financieramente accesible de la sostenibilidad de la producción de café, especialmente en zonas donde los agricultores tienen un acceso limitado a recursos financieros (Jezeer y Verweij, 2015); es decir, “se convierte en una alternativa significativa para las regiones con condiciones climáticas marginales para los cafetales, así como para las regiones donde el paisaje natural ha sido drásticamente afectado por las acciones humanas” (Bliska, *et al.*, 2013) y además el incremento de otros productos de interés económico (Cuzato, Peres y Perdoná, 2013).

Sin embargo, un mal manejo de la sombra en los cafetales puede afectar negativamente a la producción ya que, en los cultivos de café con alta densidad de sombra (>75 %) se produce altos problemas de enfermedades fungosas, a pesar de que genera mayor porcentaje de materia orgánica al suelo y disminuye la presencia de malezas (Maldonado *et al.*, 2014). Además,

los niveles de sombra mayores a 48 % afectan negativamente la fotosíntesis en el cafeto y con niveles de sombra hasta 47 %, se obtiene una eficiencia fotosintética similar a plantas de café a pleno sol (Zapata, Andrade y Nieto, 2017).

Las características de los SAF-café antes indicadas tienen relación ya que los árboles de sombra tienen un papel fundamental en la creación de microclimas ambientales que se adapta bien para el crecimiento y desarrollo del cafeto, ayudan a reducir la cantidad de calor que llega a la planta de café en el día y protege de las bajas temperaturas nocturnas, protegen de la destrucción por granizadas y vientos al actuar como una barrera física, estos beneficios son alcanzables solo en ambientes de dosel de sombra mixta (Molla, 2015).

En el Ecuador los SAF constituyen una alternativa viable de producción, a fin de revertir el impacto de la erosión del suelo en la Sierra, recuperar los bosques húmedos tropicales en la Costa y en la Amazonia recuperar el suelo compactado (Pinta, 2015); por sus condiciones agroclimáticas se hace indispensable la utilización de sombríos en el cultivo del café, a pesar de que no proporciona ganancias directas para el productor, contribuye con la sostenibilidad ecológica, financiera y social del sistema (López A, 2011).

Por la importancia económica que representa la agroforestería en la provincia de Loja se lo ha separado de la agrosilvicultura, esta combinación es beneficiosa desde el punto de vista conservacionista de la vegetación y de protección del suelo, puesto que, a más de proporcionar sombra al café, brindan un mayor índice de protección hidrológica al suelo en los sectores

donde se han establecido estas combinaciones. Los cantones cafetaleros son: Puyango, Espíndola, Quilanga, Loja, Olmedo, Chaguarpamba y Pindal, el estrato de café arbolado ocupa 65 351,38 ha a nivel provincial, que representa el 5,95% (Prefectura de Loja, 2015).

En el 2015, el Ecuador dio impulso a la caficultura dado que el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), implementó el proyecto de reactivación del café y cacao, que busca la rehabilitación y/o establecimiento de cafetales tipo arábigo y robusta, con sistemas de producción tecnificados y sostenibles (MAGAP, 2015); sin embargo, en nuestro país y particularmente en la provincia de Loja no se han encontrado estudios realizados sobre los tipos de vegetación y microclimas existentes en los sistemas agroforestales de café.

La presente investigación forma parte del macroproyecto institucional “Efecto de la sombra y la densidad poblacional en el desarrollo del cafeto en Sistemas Agroforestales en tres localidades de la provincia de Loja, por lo que contribuirá a la generación de conocimiento en nuestra provincia.

Con estos antecedentes se formularon los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Caracterizar la vegetación y el microclima presente en los Sistemas Agroforestales de café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar la vegetación arbórea y arbustiva existente en los Sistemas Agroforestales de café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja.
- Describir las características que presenta el microclima en los Sistemas Agroforestales de café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de cafeto

2.1.1. Taxonomía y morfología del cafeto.

Se le conoce como cafeto o planta productora de café a un arbusto que se da en la región tropical de la tierra perteneciente a la familia de las rubiáceas, que abarca 500 géneros y 8000 especies; uno de esos géneros es el *Coffea*, que lo constituyen árboles, arbustos, y bejucos, y comprende unas 10 especies civilizadas, es decir, cultivadas por el hombre y 50 especies silvestres (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia [FNCC], 2010). El cafeto pertenece al reino vegetal, división magnoliophyta, clase dicotiledónea, orden rubiales, familia rubiaceae, género *coffea* y abarca a distintas especies dentro de ellas se destacan *C. arabica* L, *C. canephora* Pierre ex Froehner, *C. liberica* Hiern, *C. congensis* Froehner, *C. eugenioides* More, entre otras (Esques 1989, Monroig s.f.a, citado por Enríquez y Duicela, 2014).

Según la FNCC (2010) la planta de cafeto presenta las siguientes características morfológicas: su raíz es axonomorfa, contiene raíces secundarias y adventicias, alcanza profundidades de 50 cm; el tallo y ramas son quienes forman el esqueleto del cafeto, presenta dos tipos de brotes: los ortotrópicos, que crecen verticalmente y comprenden el tallo principal y los chupones y los plagiotrópicos, que crecen horizontalmente y comprenden las ramas primarias, secundarias y terciarias; sus hojas son opuestas y alternas en el tallo ortotrópico y en ramas plagiotrópicas son opuestas, de color verde

oscuro y brillante en la parte superior y verde claro en el interior ovales y terminan en punta, sus bordes son ondulados.

Sus flores son de color blanco aparecen en los nudos de las ramas hacia la base de las hojas, en grupos de 4 o más, sobre un tallito muy corto llamado glomérulo, en la base de cada hoja hay de 3 a 5 glomérulos, el proceso de formación de las flores del cafeto puede durar de 4 a 5 meses; el fruto es una drupa de superficie lisa y brillante, de pulpa delgada fácilmente desprendible del pergamino, cuando maduran los frutos son rojos o amarillos, con dos semillas, la mismas que se componen de dos partes: la almendra que es dura y de color verdoso, está cubierta de una película plateada cuando está seca, y del embrión que es una planta muy pequeña que está dentro de la almendra y se alimenta de ella en los primeros meses de desarrollo de la planta.

Según Arcila *et al.* (2007) el cafeto es un arbusto perenne cuyo ciclo de vida en condiciones comerciales alcanza hasta 20-25 años dependiendo de las condiciones o sistema de cultivo, durante su ciclo de vida, la planta destina una parte de éste a la formación de estructuras no reproductivas (raíces, ramas, nudos y hojas); otra a la formación y desarrollo de estructuras de reproducción (flores y frutos); y finalmente, la planta envejece y entra en un proceso de deterioro que se denomina fase de senescencia o envejecimiento.

2.1.2. Condiciones edafoclimáticas del cafeto

Según FNCC (2010); el Centro de Investigaciones de café [CICAFFE] (2011); Herrón (2013); para el cultivo de cafeto la altitud óptima se localiza entre los

500 y 1 700 m s.n.m., por encima de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta; la precipitación que requiere para su normal crecimiento se encuentra entre 1 500 a 3 000 milímetros (mm); la temperatura del aire promedio anual favorable para el café se ubica entre los 17 a 23 °C, con temperaturas inferiores a 10 °C, provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes; en cuanto a la humedad relativa se recomienda que sea superior a 75 % pero sin llegar a la saturación total, ya que al sobrepasar este nivel existe el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas.

El café es una planta de días cortos con necesidades entre 4,5 a 5 horas luz días⁻¹, es decir 1 500 a 1 800 horas luz año⁻¹; los vientos fuertes inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal; asimismo, favorecen la incidencia de enfermedades; por esta razón es conveniente escoger terrenos protegidos del viento, o bien establecer rompevientos para evitar la acción de éste; su suelo debe ser de textura franca, franco arcillosa, franco arenosa o franco limosa, su estructura granular, de alta fertilidad natural, con abundante cantidad de hojarasca en capa superficial, debe ser profundos de 0,5 a 1 m, apreciable riqueza microbiana y con buen drenaje, el pH debe estar entre 5,0 – 6,0. (Enríquez y Duicela, 2014).

2.2. Sistemas agroforestales con cafeto (SAF)

2.2.1. Concepto de sistema agroforestal.

Un Sistema Agroforestal (SAF) es la forma de usar la tierra, es un sistema agropecuario en donde hay que aplicar técnicas de manejo de uso del suelo, combinando cultivos – árboles y animales en el mismo, lo cual se logra utilizando un “arreglo” o secuencia temporal de cultivo, según las prioridades del productor; tiene los atributos de cualquier sistema: límites, componentes, interacciones, ingresos y egresos, una relación jerárquica con el sistema de finca y una dinámica, que procura la sostenibilidad del sistema (López M y Rocha, 2007; Oficina Nacional Forestal [OFN], 2013).

2.2.2. Importancia de los sistemas agroforestales.

Los SAF son importantes ya que aumentan y mantienen la producción y la productividad (del suelo), por los productos obtenidos de los árboles y los cultivos, reducción en la aplicación de insumos y la eficiencia en la mano de obra (Farfán, 2014).

En el Ecuador los SAF constituyen una alternativa viable de producción, ya que pueden ser aplicables en las tres regiones del país, a fin de revertir el impacto de la erosión del suelo en la Sierra, recuperar los bosques húmedos tropicales en la Costa y en la Amazonia recuperar el suelo compactado y a la vez contribuir a la generación de ingresos (Pinta, 2015); por sus condiciones agroclimáticas se hace indispensable la utilización de sombríos en el cultivo del café, a pesar de que no proporciona ganancias directas para el productor,

contribuye con la sostenibilidad ecológica, financiera y social del sistema (López A, 2011).

2.2.3. Sistemas agroforestales café (SAF-café).

Un SAF cafetero es un conjunto de prácticas de manejo del cultivo, donde se combinan especies arbóreas en asocio con el café o en arborización de las fincas, cuyo objetivo es el manejo y la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción para garantizar la sostenibilidad y el fortalecimiento del desarrollo social y económico de las familias cafeteras (Farfán, 2014).

Los SAF-café están conformados por variedad de especies de sombra, por ende, en cada zona se encuentran diferente número de especies (Alvarado 2017); así mismo, Villavicencio (2012) en sus estudios realizados en México, indica que de los SAF-café se obtienen beneficios económicos similares, aunque la composición de especies del dosel y los productos obtenidos son distintos.

Según Jezeer y Verweij (2015) los SAF-café brindan un gran potencial para mantener la biodiversidad y la producción de café en el futuro; de la misma forma favorecen la disposición de materia orgánica, asimilación de nutrientes, protección del suelo (Ordoñez y Montoya, 2017); además, hay réditos económicos, como madera, frutos, nueces, entre otros, así como la venta de créditos de carbono, cada vez más valorada en el mercado internacional (Cuzato *et al.*, 2013).

2.2.4. Especies arbóreas y arbustivas de los SAF-café.

González *et al.* (2007) diferencian los conceptos de árboles, arbustos y hierbas:

Árboles: son plantas perennes leñosas que generalmente alcanzan más de 5 m de altura y desarrollan un tronco definido por lo menos en la base que se ramifica más arriba formando una copa.

Arbustos: son plantas leñosas perennes que generalmente miden menos de 5 m de altura y con tallo ramificado desde la base.

Hierbas: son aquellas que en ningún momento de su vida desarrollan tejidos lignificados o duros, su color predominante es el verde, cuando fructifican producen, muchas semillas, bulbos o retoños que brotan a partir de un rizoma según sea el caso. Asimismo, existen las megaforbias (hierbas gigantes) como las Musas (bananas, plataneros) o las palmeras.

Las especies arbóreas y arbustivas ideales para implementar en un SAF-café son aquellas que pertenecen a la familia de leguminosas, es decir, fijadoras de nitrógeno, y además de los frutales ya que son considerados para incrementar la productividad del cafetal. Las que se destacan son *Albizia sp.*, *Ficus sp.*, *Acacia albida*, *Cordia africana*, *Leucena leucocephala*, *Citrus sinensis*, *Sesbania sesban*, *Grevilia robusta*, *Pterocarpus marsupium*, *Cedrella spp*, *Artocarpus integrifolia*, *Artocarpus hirsuto*, *Bischofia javanica*, *Erythrina spp*, *Terminalia bellarica*, *Terminalia amazonia*, *Vochysia ferruginea*, *Swietenia macrophylla*, *Anacardium excelsum*, *Eucalyptus spp*, *Schizolobium*

parahyba, *Tabebuia guajava*, *Cordia alliodora*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata*, entre otras (Ramírez y Calvo, 2003; OFN, 2013; Molla, 2015).

Según FNCC y Cenicafé (2013) indican que algunos tipos de copas de los árboles permiten, de acuerdo al espaciamiento y a su manejo, buena entrada de luz al cultivo o poca sombra, por ejemplo *Cordia alliodora*, *Eucalyptus grandis*; otros, ya que permiten una buena entrada de luz al cultivo y poca sombra; otros, desarrollan una copa densa que impide la entrada de luz suficiente para el desarrollo del cultivo, como *Inga edulis*, *Inga densiflora* y *Erythrina sp*; sin embargo, Sánchez, Mendoza y García (2017) manifiesta que el género *Inga*, es utilizado como fijador de nitrógeno al suelo para la nutrición del cafeto, siendo también una de las especies más frecuentes utilizadas en las fincas cafetaleras. Por otro lado, Sarango (2018) en estudios realizados en los cantones Chaguarpamba y Olmedo indica que las especies de sombra más frecuentes encontrados en los SAF-café son: *Musa paradisica* L., *Inga edulis* Mart., *Myrsine andina*, *Acacia macracantha* Will., y *Solanum oblongifolium* Humb. & Bonpl.

La alta frecuencia y densidad de estas especies en los cafetales puede estar asociada al agropaisaje de la zona, la capacidad de adaptarse a las condiciones de manejo, alta producción de semillas y capacidad de rebrote; lo cual ha favorecido que las especies antes mencionadas se encuentren de manera abundante (Leiva, 2011). En fin, las especies con mayor importancia en SAF-café están relacionado con las preferencias de los productores por

estas especies, debido a interacciones biofísicas, ambientales y/o económicas favorables, al asociarlas con el café (Zapata, 2019).

Según Aguilar, Morales y Godínez (2015) existen tipos de sombra utilizados en los SAF-café, siendo monoespecífica cuando la diversidad arbórea predominante en el SAF-café es de un solo género (solo Inga) y la sombra diversificada cuando hay una combinación del género Inga con árboles frutales para consumo o árboles maderables para su venta. La sombra diversificada Escamilla *et al.* (2005) denominan modalidad de policultivo donde integra diversos árboles de vegetación nativa y secundaria, así como diversos frutales (tanto nativos como introducidos) y, en menor grado, árboles de leguminosas del género Inga, o bien, en policultivos comerciales, intercalando otros cultivos destinados al mercado y que contribuyen a complementar los ingresos de los productores.

Según Aguirre Z y Aguirre C (2014) la sombra de árboles dispersos en cultivos perennes es una práctica muy difundida, las especies que se usan son, en unos casos de regeneración natural, que han sido dejadas y cuidadas en el terreno; y en otros casos, sembradas por los propietarios. Las 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.

En los SAF-café no existe una distribución homogénea de la sombra en el terreno, ya que existe superposición de copas y se evidencia una mayor complejidad en la estructura vertical del SAF; además, que pueden existir

distintos estratos bien diferenciados y cada uno con diferentes alturas con respecto a los otros SAF (Zapata, 2019). Así mismo, Maldonado *et al.* (2018) indican que la vegetación arbórea presenta irregularidad de la forma de las copas, especialmente los árboles que tienen copas amplias y frondosa, esta característica determina que exista un enmarañamiento entre las copas, por el agrupamiento de algunas especies.

2.3. Microclima en los SAF-café.

Se denomina microclima al clima de características diferentes a las del resto de la zona en donde se encuentra, son variables atmosféricas que distinguen un espacio medianamente reducido; el cual, depende de una serie de variables que lo caracterizan, como temperatura, altitud-latitud, topografía, humedad, vegetación y luz (Reyes, 2013). Se halla influenciado por los árboles presentes en el sistema ya que moderan los cambios de temperatura, dando como resultado temperaturas máximas más bajas y mínimas más altas bajo los árboles; además, se puede encontrar mayor humedad relativa bajo los árboles en comparación con los sitios abiertos (Farrel y Altieri, 2014). Particularmente en el cafeto, en estos sistemas se reduce la cantidad de calor que llega a la planta en el día y la protege de bajas temperaturas nocturnas; es decir, los árboles contribuyen a la creación del microclima necesario para el crecimiento y desarrollo de los arbustos de café (Molla, 2015).

Los vientos afectan también el microclima en un SAF-café ya que, si el viento asciende por la ladera, el aire será húmedo, abundantes precipitaciones, con poca radiación solar y pequeñas amplitudes térmicas; mientras que el viento

que desciende por la montaña, el aire será fresco, poca precipitación e intensa irradiación solar con grandes amplitudes térmicas (Reyes, 2013).

Según Long *et al.* (2015) la intensidad de la luz en el café disminuye con la sombra y esto depende de las especies de árboles de sombra. Estos distintos niveles de sombra según Farfán (2007) se pueden dar debido a las densidades de siembra de los árboles, el estado de desarrollo, el tipo de especie utilizada, el manejo que realiza o el ataque de plagas en determinadas épocas del año, pueden obtenerse niveles de sombreado deficientes o muy bajos para el desarrollo del cultivo (sombrió del 10 al 20 %) en lugares que así lo requiera; igualmente con densidades altas de siembra de los árboles, mal manejo (sin podas de mantenimiento y sin podas de formación), una inadecuada distribución de los árboles, en corto tiempo se presentarán niveles de sombreado excesivos (>50 %) limitantes para la producción del café.

La temperatura media del aire dentro del SAF-café se reduce de $0,4 \pm 0,04$ °C y la temperatura del suelo de $1,7 \pm 0,3$ °C; mientras que la humedad del aire aumenta de $3,9 \pm 0,4$ % con respecto a la zona no sombreada (Ehrenbergerová, Šenfěldr y Habrová, 2017). Según Pezzopane, Pedro Jr, y Gallo (2007) en estudios realizados en Brasil indican que en primavera y verano la temperatura del aire se reduce en 0,3 °C a 0,6 °C, sin embargo, indican que en el invierno hay un leve aumento de 0,15 °C promedio; en cuanto, a la velocidad del viento indican que existe una reducción en la oscila

entre 21 y 79 % durante el año en relación con el pleno sol; es decir tuvo un promedio $0,49 \text{ m s}^{-1}$ de diferencia.

Por otra parte, Araújo *et al.* (2016) en estudios del Microclima, desarrollo y productividad del café robusta a la sombra de los árboles de caucho y a pleno sol, se mostró una reducción de la temperatura del aire dentro del sistema agroforestal de $4,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en las primeras horas de la mañana (07h20) y al medio día (14h00) se obtiene una disminución de $3,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$; por otra parte, hubo un aumento de la humedad relativa, la diferencia máxima encontrada verano (07h40) fue de $1,09 \%$ a lo largo del día y en el invierno (07h10) mantuvo una diferencia promedio de $4,05 \%$ a lo largo del día.

2.4. Crecimiento y producción del cafeto en SAF.

En los SAF-café se produce una mayor etiolación de las ramas plagiotrópicas y ortotrópicas en los cafetos, así también hay una mayor expansión de las hojas, su color son verde oscuro, brillo en su haz, firmes, sanas, sin afectaciones, con mayor concentración Fe y Mn y sus son frutos sanos (Ordoñez y Montoya, 2017; Araújo *et al.*, 2016). El nivel de sombra entre 48 y 70 % afectan negativamente la fotosíntesis de las plantas de café, mientras que con niveles hasta de 47 %, se obtiene una eficiencia fotosintética similar a plantas de café a pleno sol; en cuanto a la conductancia estomática es mayor cuando el nivel de sombra esta entre 0 a 20 y 21 – 47 %, se encuentra entre $160,6 \pm 36,1$ y $148,2 \pm 31,0 \mu\text{mol H}_2\text{O m}^2 \text{ s}^{-1}$, respectivamente; de la misma manera es el comportamiento de transpiración (Zapata *et al.*, 2017).

Según Maldonado *et al.* (2014) una cobertura de sombra densa (>75 %) genera mayores acumulaciones de materia orgánica al suelo y susceptibilidad al ataque de broca (*Hypothenemus hampei*), roya (*Hemileia vastatrix*) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*); sin embargo, este nivel de sombra muestra menor presencia de malezas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área del estudio

El presente estudio se realizó en los cantones Chaguarpamba en los sitios Lozumbe y Chaguarpamaba, y Olmedo en el sitio Lobongo pertenecientes a la provincia de Loja. Sus coordenadas geográficas son Chaguarpamba: 03° 52' 42,84" de latitud Sur y 79° 38' 43,07" longitud Oeste; y, Olmedo: 03° 56' 6,15" latitud Sur; y, 79° 38' 48,13" de longitud Oeste (Topografic-map, 2018).

3.1.1. Zonas edafoclimáticas.

La altitud en Chaguarpamba varía de 440 hasta 3 800 m s.n.m., su precipitación en época de lluvia es de 1 229 mm y en el periodo seco entre octubre - diciembre alrededor de 220 mm, la temperatura se encuentra en el rango de 18 a 24 °C, con una temperatura media de 21 °C. La altitud de Olmedo varía de 1 200 – 2 000 m s.n.m., tiene un rango de precipitación entre 700 – 1 200 mm bien distribuidos durante el año, su temperatura ambiental oscila entre 16 y 22 °C y un fotoperiodo superior a 12 horas día⁻¹ (GAD de Olmedo 2014; GAD de Chaguarpamba, 2015).

3.1.2. Ubicación política y geográfica.

Las características políticas y geográficas de los sitios de estudio se las detalla a continuación:

Lozumbe es un barrio de la parroquia Santa Rufina, se encuentra a 130 km aproximadamente desde la ciudad de Loja ubicado en la parte Oeste de la

parroquia de Santa Rufina, su altitud está en 850 m s.n.m., su clima es ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, su temperatura media oscila entre 15,4 y 28,9 °C su promedio anual es 22 °C, la pendiente es fuerte entre 25 – 50 %, tiene suelos de tipo alfisol (Gobierno Autónomo Descentralizado [GAD] de la Parroquia Santa Rufina, 2015).

Chaguarpamba es la parroquia urbana del cantón Chaguarpamba se encuentra a 103 km desde la ciudad de Loja, se ubica en la parte sureste del cantón, la altitud es de 1 490 m s.n.m., presenta un clima tropical megatermico seco, con una temperatura que oscila entre 18 – 22 °C, una precipitación promedio anual de 1000 a 1200 mm, la pendiente es fuerte entre 25 – 50 %, el suelo pertenece al gran grupo de Dystropept+Tropudalf (inceptisol + alfisol). (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal [GAD] del Cantón Chaguarpamba, 2015).

Lobongo se encuentra a 80 km desde la ciudad de Loja, es un barrio perteneciente a la parroquia La Tingue, se encuentra en el sector este de la parroquia y limita al norte con La Tingue centro, al sur con Cola, al este con Zambí y al oeste con la Cruz de Huato (Olmedo), está a una altitud de 1 700 m s.n.m., el clima es ecuatorial mesotermico semi-húmedo, su temperatura oscila entre 17 y 20 ° C, tiene un rango de precipitación entre 1 000 y 1 250 mm anuales, la pendiente es fuerte entre 25 – 50 %, su suelo es de tipo inceptisol (Gobierno Autónomo Descentralizado [GAD] de la parroquia de La Tingue, 2015).

A continuación, se presentan las coordenadas geográficas que fueron tomadas con la ayuda de un GPS, en cada una de los sitios evaluados.

- Lozumbe ($3^{\circ} 51' 08''$ S $79^{\circ} 44' 27''$ W).
- Chaguarpamba ($3^{\circ} 53' 05''$ S $79^{\circ} 39' 02''$ W).
- Lobongo ($3^{\circ} 55' 42''$ S $79^{\circ} 34' 39''$ W).

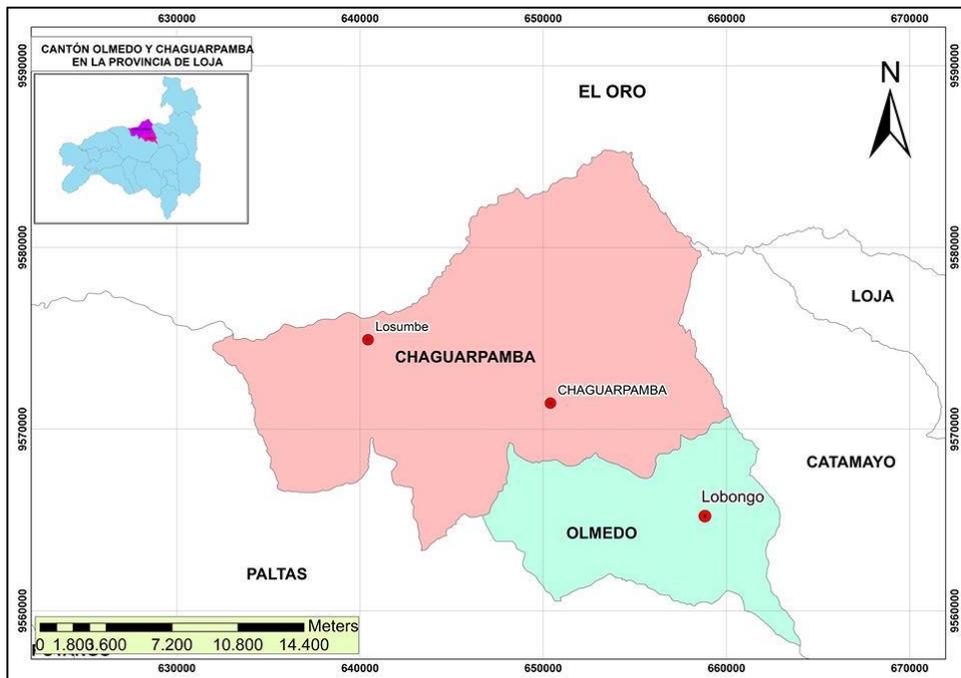


Figura 1. Mapa de la zona cafetalera de estudio Olmedo – Chaguarpamba. Los círculos representan los sitios específicos.

3.2. Materiales

Para la caracterización de la vegetación arbórea y arbustiva de sombra se utilizó: cinta métrica de 100 cm, cinta métrica de 50 m, cinta de color amarillo (división de parcelas), hipsómetro (SUNTO), tablero de anotaciones, hojas de registro, lápices, borrador, calculadora, cámara fotográfica.

Para la caracterización microclimática se usó: dos anemómetros-terhigrómetros digitales marca AIMO modelo MS6252B, dos luxómetros de marca SPER SCIENTIFIC modelo 840022, un GPS marca Gramin modelo etrex 30, tablero de plástico, hojas de registro, lápices, borrador, calculadora.

Para el análisis de resultados se empleó computadora y programas estadísticos (Excel e InfoStat).

3.3. Metodología

La investigación fue de tipo descriptiva y correlacional; en la misma se hizo un muestreo aleatorio de poblaciones, en donde cada sitio fue dividido en tres parcelas y cada parcela fue una población, el diseño que se aplicó fue no experimental longitudinal de tendencia, con un análisis estadístico que se basó en porcentajes y correlaciones de acuerdo a las variables evaluadas.

3.3.1. Metodología para el primer objetivo.

“Caracterizar la vegetación arbórea y arbustiva existente en los Sistemas Agroforestales de café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja”.

Para cumplir con el presente objetivo, cada sitio representó un piso altitudinal diferente 850, 1 490 y 1 700 m s.n.m., en cada uno se estableció tres parcelas de 20 x 20 m, con un área de 400 m² cada una, las cuales fueron delimitadas con cinta de plástico de color amarillo, para de esta manera diferenciar cada

una de ellas. Los días 29 y 30 mes de noviembre del 2018 se registraron los datos de las siguientes variables: número especies de árboles y arbustos de sombra, altura, diámetro de altura al pecho (DAP), diámetro de copa (DC); con estos datos se obtuvo la frecuencia relativa (FR) y densidad relativa (DR) y así se pudo obtener índice de valor de importancia simplificado (IVIs); además se registró la edad del cultivo y la tecnología de manejo del cafeto. Las diferentes variables se registraron en un formato de campo previamente elaborado (Anexo 1).

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó porcentajes (FR, DR e IVIs) y coeficientes de variación (altura de planta y DC) mediante el uso del software Excel e Infostat. Cada una de las variables se determinó de la siguiente forma:

- **Número de especies arbóreas y arbustivas de sombra.** Se procedió a contabilizar el número de árboles y arbustos igual o mayor a 5 cm de diámetro de altura al pecho (DAP) presentes dentro del SAF, los cuales se los señaló con pintura spray de color rojo para evitar confusiones (Aguirre Z, 2013). Para determinar el DAP se midió a 1,3 m desde el nivel del suelo para ello se tomó la medida de la circunferencia del árbol con una cinta métrica y para calcular el diámetro se aplicó la fórmula: $DAP = \frac{Perímetro}{\pi}$ (Wabo, 2002). Para la identificación de especies se tomaron muestras y fotografías de las especies que eran difícil de identificar o no eran conocidas para su respectiva identificación taxonómica en el herbario de la Universidad Nacional de Loja.

- **Altura.** Se lo hizo con el uso de un hipsómetro para toma de medidas respectivas y mediante la aplicación del método trigonométrico se obtuvo la altura deseada (Wabo, 2002).
- **Diámetro de la copa (cm).** Se definió el límite de la copa, con una cinta métrica se midió de norte a sur y luego de este a oeste, tomando como referencia la proyección de los extremos de las ramas sobre el suelo y luego se registraron las dos mediciones para obtener el promedio.
- **Índice de valor de importancia Simplificado (IVIs).** Es un índice sintético estructural, desarrollado principalmente para jerarquizar la dominancia de cada especie en rodales mezclados (Espinoza *et al.*, 2010). Para obtener el IVIs se sumaron la frecuencia relativa (FR) + densidad relativa (DR), para ello se aplicó las fórmulas utilizadas por Muñoz, Erazo y Armijos (2014):

$$\text{Índice de valor de Importancia (IVIs)\%} = FR + DR$$

Donde:

DR: Densidad relativa.

FR: Frecuencia relativa

$$\text{Densidad Absoluta (DA)} = \frac{\text{No. de individuos por especie}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Densidad Relativa (DR)\%} = \frac{\text{Densidad absoluta por especie}}{\text{Densidad absoluta de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Frecuencia Absoluta (FA)\%} = \frac{\text{No. de parcelas en la que está especie}}{\text{No. de parcelas muestreadas}}$$

$$\text{Frecuencia Relativa (FR)\%} = \frac{\text{Frecuencia absoluta de cada especie}}{\text{Frecuencia absoluta de todas las especies}} * 100$$

- **Tecnología de manejo.** Esta variable se determinó mediante una encuesta a los productores de cada zona (Anexo 2), con verificación mediante observación directa.

3.3.2. Metodología para el segundo objetivo.

“Describir las características que presenta el microclima en los Sistemas Agroforestales de café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja”.

Para cumplir con este objetivo, cada sitio representó un piso altitudinal diferente 850, 1 490 y 1 700 m s.n.m., se estableció en cada sitio tres parcelas de 20 x 20 m cada una, dando una área de 0,12 ha por sitio. Durante cuatro meses cada 19 días, en el periodo comprendido entre septiembre a diciembre del 2018 en cada parcela, se tomó 10 datos en forma aleatoria en intervalos de un minuto, a diferentes horas del día, se lo realizó a nivel de la copa de las plantas de cafeto dentro del SAF y fuera del mismo a pleno sol a 1,8 m de altura.

Los datos se registraron en un formato de campo (Anexo 3) y los factores tomados en cuenta fueron: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y sombra. Para el procesamiento de los datos se utilizó porcentajes y correlaciones mediante el uso del software Excel e Infostat. Para determinar los datos microclimáticos se procedió de la siguiente manera:

- **Temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento.** Se utilizaron dos anemómetros-terhigrómetros digitales, se los colocó a nivel de la copa de las plantas de cafetos dentro del SAF y de manera simultánea a 1,80 m altura fuera del SAF a pleno sol. Los datos se registraron en °C, % y m s^{-1} , respectivamente.

- **Sombra.** Se midió con la ayuda de dos luxómetros, cuya unidad de medida es el lux, que representa la intensidad de la luz. El instrumento se colocó a nivel de la copa de las plantas de cafeto dentro del SAF y fuera a 1,80 m a pleno sol, y se estableció el nivel de sombra en porcentaje (%) por medio de una regla de tres simple.

4. RESULTADOS

4.1. Composición arbórea y arbustiva existente en los SAF-café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja

4.1.1. Sitio Lozumbe.

4.1.1.1. Especies arbóreas y arbustivas de sombra.

En el sitio Lozumbe, en las tres parcelas evaluadas del sistema agroforestal se encontró un total de diez familias, 14 especies dando un total de 92 individuos entre hierbas, árboles y arbustos; de las cuales una es hierba, 12 son árboles y una es arbusto (cuadro 1), las especies que dominaron fueron: banano (*Musa paradisiaca* L), guabo blanco (*Cupania cinerea* Poepp) y porotillo (*Erythrina* sp) con una frecuencia de 36, 10 y 10, respectivamente.

Cuadro 1. Identificación de las especies arbóreas y arbustivas en el sitio Lozumbe, evaluadas en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Familia	Nombre científico	Biotipo	*ni	*P ha ⁻¹
1	Banano	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Hierba	36	300
2	Guabo Blanco	Sapindaceae	<i>Cupania cinerea</i> Poepp	Árbol	10	83
3	Porotillo	Fabaceae	<i>Erythrina</i> sp.	Árbol	10	83
4	Guaba	Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Árbol	8	67
5	Fernán Sánchez	Polygonaceae	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & CAMEy.	Árbol	6	50
6	Lozumbe	Primulaceae	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Árbol	6	50
7	Cedro	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Árbol	4	33
8	Pashaco	Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) SFBlake	Árbol	4	33
9	Naranja	Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Árbol	3	25

10	Chaya	Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst.	Arbusto	1	8
11	Guaba machetona	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Árbol	1	8
12	Guayabo	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Árbol	1	8
13	Higuerón	Moraceae	<i>Ficus insípida</i> Willd.	Árbol	1	8
14	Lechero	Euphorbiaceae	<i>Sapium sp.</i>	Árbol	1	8
TOTAL					92	767

*ni= Número de especies

*P ha⁻¹= Plantas ha⁻¹

4.1.1.2. Altura y diámetro de copa.

La variación de la altura en las especies presentes dentro de las tres parcelas evaluadas en el sistema agroforestal se lo determinó mediante el coeficiente de variación (CV), banano (*Musa paradisiaca* L), guabo blanco (*Cupania cinerea* Poepp) y porotillo (*Erythrina sp*) siendo para las especies con mayor frecuencia presentaron valores de 26 %; 25 %; 21 % respectivamente; mientras que la variación del diámetro de copa fue de 24 %; 43 % y 41 % en el mismo orden. Los valores de cero indican que en dicha especie hay baja variabilidad de altura y diámetro de copa o que hubo baja presencia de individuos (cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficiente de variación de la altura y el diámetro de copa de la vegetación en el sitio Lozumbe, evaluada en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Nombre científico	Altura (m)		*DC (m)	
			* \bar{X}	CV (%)	* \bar{X}	CV (%)
1	Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	3,6	26	2,0	24
2	Guabo Blanco	<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	8,2	25	4,0	43
3	Porotillo	<i>Erythrina sp.</i>	5,2	21	1,5	41
4	Guaba	<i>Inga edulis</i> Mart.	6,7	61	5,0	64
5	Fernán Sánchez	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & CAMEy.	9,1	31	3,5	27

6	Lozumbe	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	7,8	20	3,5	10
7	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	14,3	23	6,5	26
8	Pashaco	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) SFBlake	24,7	6	7,6	12
9	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	6,7	30	5,4	31
10	Chaya	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst.	6,1	0	3,0	0
11	Guaba machtetona	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	14,0	0	5,0	0
12	Guayabo	<i>Psidium guajava</i> L.	7,5	0	3,8	0
13	Higuerón	<i>Ficus insípida</i> Willd.	17,0	0	13,5	0
14	Lechero	<i>Sapium sp.</i>	9,3	0	4,3	0

* \bar{X} = Promedio

*DC = Diámetro de copa

4.1.1.3. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas.

En la figura 2, se señala la distribución vertical encontrada de las especies arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas, se determinó un estrato alto que fue representado por el pashaco (*Schizolobium parahyba* (Vell.) SFBlake) con 24,7 m de altura en promedio; un estrato medio estuvieron el higuerón (*Ficus insípida* Willd.), cedro (*Cedrela odorata* L.) y guaba machetona (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd.) y con 17 m, 14,3 m y 14 m respectivamente; y en el estrato bajo las especies con altura menor a 9,3 m, siendo el banano (*Musa paradisiaca* L) el valor menor a todas las especies con 3,6 m.

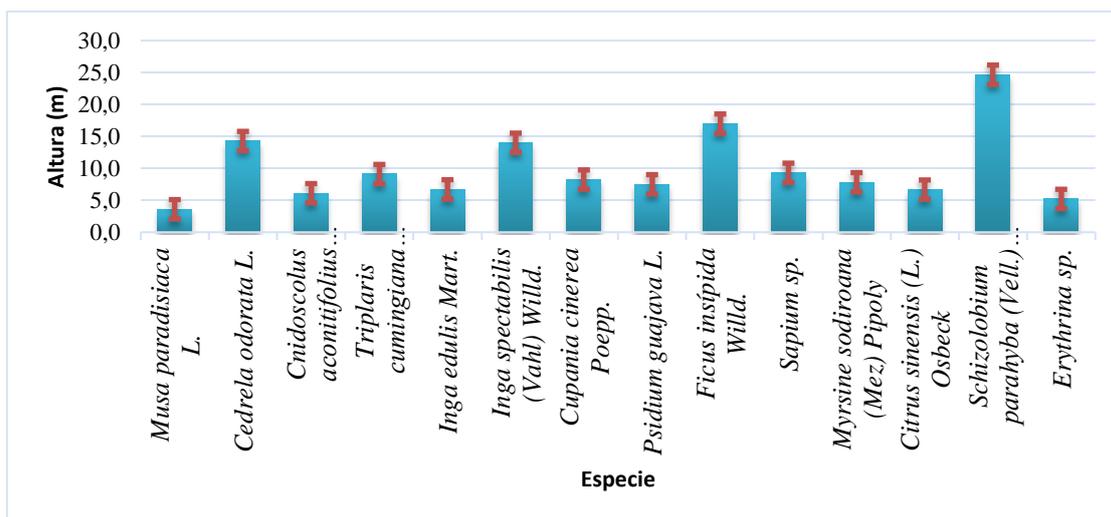


Figura 2. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lozumbe.

4.1.1.4. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas.

En la figura 3, indica la distribución horizontal encontrada de las especies arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas, se muestran tres estratos: el estrato alto estuvo conformado por el higuerón (*Ficus insípida* Willd) con 13,5 m de área de copa, el estrato medio lo representó el pashaco (*Schizolobium parahyba* (Vell.) con 7,6 m de diámetro de copa y en el estrato bajo se encuentran las especies con una área de copa menor a 6,5 m; donde, las especies de banano (*Musa paradisiaca* L.) y porotillo (*Erythrina* sp.) presentan la menor área de copa con 1,5 m y 2 m respectivamente.

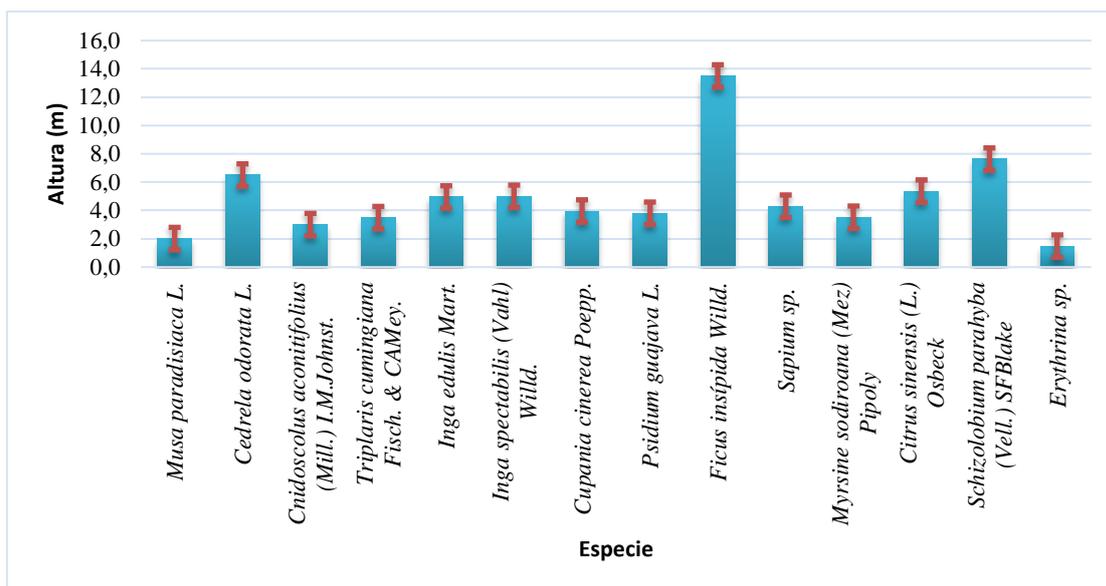


Figura 3. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lozumbe.

4.1.1.5. Índice de valor de importancia simplificado.

Para obtener el Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) fue necesario calcular la frecuencia relativa y la densidad relativa. En el cuadro 3, indica el IVIs en las especies arbóreas y arbustivas presentes en las tres parcelas evaluadas, las especies con mayor IVIs fueron: banano (*Musa paradisiaca* L) y guabo blanco (*Cupania cinerea* Poepp.) en porcentajes de 51 % y 22 % respectivamente; el IVIs menor fue de 5 % correspondiente a las especies de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I.M.Johnst), guaba machetona (*Inga spectabilis* (Vahl) Willd.), higuérón (*Ficus insípida* Willd.), guayabo (*Psidium guajava* L.) y lechero (*Sapium* sp).

Cuadro 3. Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lozumbe, evaluado en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Nombre científico	*FR (%)	*DR (%)	IVIs (%)
1	Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	12	39	51
2	Guabo Blanco	<i>Cupania cinerea</i> Poepp.	12	11	22
3	Porotillo	<i>Erythrina</i> sp.	8	11	19
4	Guaba	<i>Inga edulis</i> Mart.	8	9	16
5	Fernán Sánchez	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & CAMEy.	12	7	18
6	Lozumbe	<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	12	7	18
7	Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	8	4	12
8	Pashaco	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) SFBlake	8	4	12
9	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	4	3	7
10	Chaya	<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> (Mill.) I.M.Johnst.	4	1	5
11	Guaba machetona	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	4	1	5
12	Guayabo	<i>Psidium guajava</i> L.	4	1	5
13	Higuerón	<i>Ficus insípida</i> Willd.	4	1	5
14	Lechero	<i>Sapium</i> sp.	4	1	5
TOTAL			100	100	200

*FR = Frecuencia Relativa

*DR = Densidad Relativa

4.1.1.6. Tecnología de manejo del cultivo de café en el sitio Lozumbe.

En la finca se cultivan las variedades: castilla obtenidas mediante su propio vivero, la caturra y catimor las adquirió fuera la finca, tienen una edad de cinco años, realizan una fertilización inorgánica con compuesto de nitrógeno, fósforo y potasio (10–30-10) más úrea, la misma que la aplican al momento de la siembra. Las podas al cafetal lo realizan cada año con podas de descope, chupones y en la postcosecha; además, indica que ha habido presencia de roya en pocas plantas, que no fueron causa de pérdida en la producción; el manejo de sombra es mínima, a pesar que mantiene cítricos, musáceas, especies del género inga entre otras, como especies de sombra. La

comercialización de café lo realiza en grano de oro mediante intermediarios a un precio de 125 USD el quintal.

4.1.2. Sitio Chaguarpamba

4.1.2.1. Especies arbóreas y arbustivas de sombra.

En el sitio de Chaguarpamba, en las tres parcelas evaluadas del sistema agroforestal se encontró ocho especies pertenecientes a cinco familias dando un total de 130 individuos entre árboles, arbustos y hierbas; de las cuales cinco especies son árboles, dos son arbustos y una es hierba (cuadro 4), dominando el banano (*Musa paradisiaca* L) con una frecuencia de 107 individuos, seguida de la mosquera (*Croton pavonis* Müll.Arg.) con ocho individuos y las demás especies tienen valores menores a cuatro.

Cuadro 4. Identificación de las especies arbóreas y arbustivas en el sitio Chaguarpamba, evaluadas en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Familia	Nombre científico	Biotipo	*Ni	*P ha ⁻¹
1	Banano	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Hierba	107	892
2	Mosquera	Euphorbiaceae	<i>Croton pavonis</i> Müll .Arg.	Arbusto	8	67
3	Porotillo	Fabaceae	<i>Erythrina</i> sp.	Árbol	4	33
4	Guayabo	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Árbol	3	25
5	Pico-pico	Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	Arbusto	3	25
6	Guaba	Fabaceae	<i>Inga densiflora</i> Benth.	Árbol	2	17
7	Pinglio	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	Árbol	2	17
8	Tabaquillo	Solanaceae	<i>Solanum riparium</i> Pers.	Árbol	1	8
TOTAL					130	1 083

*ni= Número de especies

*P ha⁻¹= Plantas ha⁻¹

4.1.2.2. Altura y diámetro de copa

La variación en la altura y en el diámetro de copa de las especies en las tres parcelas evaluadas en el sistema agroforestal se lo determinó mediante el coeficiente de variación (CV), en las especies con mayor frecuencia como el banano (*Musa paradisiaca* L) obtuvo 24 % de CV tanto para la altura como el diámetro de copa y la mosquera (*Croton pavonis* Müll.Arg.) presentó un CV en la altura de 12 % y de 19 % para el diámetro de copa. Los valores de cero indican que en dicha especie hay baja variabilidad de altura y diámetro de copa o que hubo baja presencia de individuos.

Cuadro 5. Coeficiente de variación de la altura y el diámetro de copa de la vegetación el sitio Chaguarpamba, evaluada en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Nombre científico	Altura (m)		*DC (m)	
			* \bar{X}	CV (%)	* \bar{X}	CV (%)
1	Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	3,9	24	1,7	24
2	Mosquera	<i>Croton pavonis</i> Müll.Arg.	4,0	12	3,8	19
3	Porotillo	<i>Erythrina</i> sp.	3,1	13	1,3	19
4	Guayabo	<i>Psidium guajava</i> L.	5,0	4	4,7	7
5	Pico-pico	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltdl.	3,7	8	4,2	9
6	Guaba	<i>Inga densiflora</i> Benth.	4,8	6	3,3	5
7	Pinglio	<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	4,3	5	3,2	11
8	Tabaquillo	<i>Solanum riparium</i> Pers.	4,2	0	4,8	0

* \bar{X} = Promedio

*DC = Diámetro de copa

4.1.2.3. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas.

En la distribución vertical encontrada de las especies arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas de sitio Chaguarpamba se pudo evidenciar dos estratos (Figura 4): al estrato alto representó el guayabo (*Psidium guajava* L),

guaba (*Inga densiflora* Benth.), el pinglio (*Euphorbia laurifolia* Juss. ex Lam.) y el tabaquillo (*Solanum riparium* Pers.) con una altura en promedio de 5 m, 4,8 m, 4,3 m y 4,2 m respectivamente; y en el estrato bajo estuvieron mosquera (*Croton pavonis* Müll.Arg.), banano (*Musa paradisiaca* L), pico-pico (*Acnistus arborescens* (L.) Schltl.) y porotillo (*Erythrina* sp) con 3,9 m, 3,9 m, 3,7 m y 3,1 m de altura en promedio respectivamente.

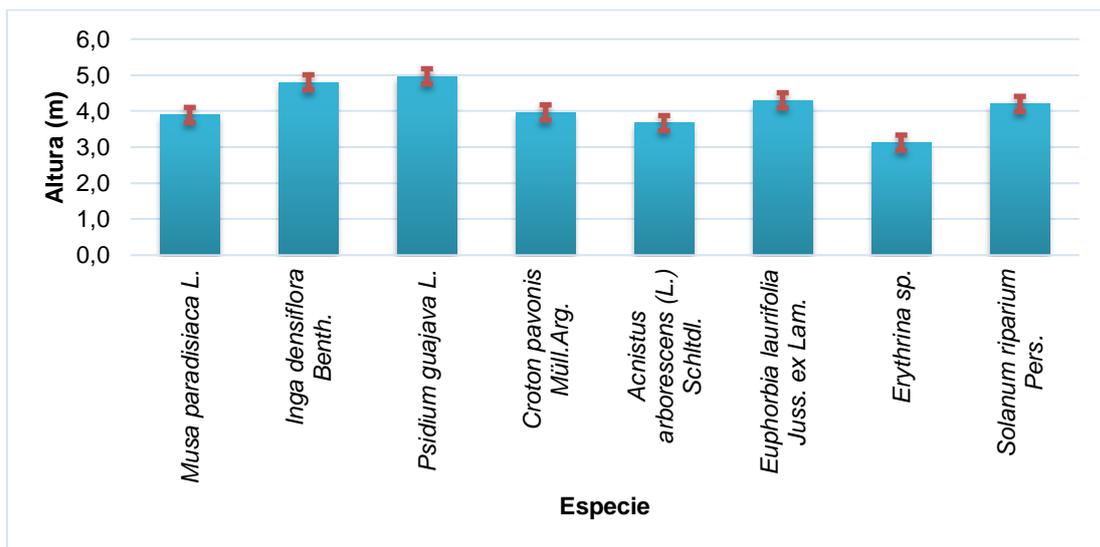


Figura 4. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Chaguarpamba.

4.1.2.4. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas.

En la figura 5, se muestra distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas, se encontró que el porotillo (*Erythrina* sp) y el banano (*Musa paradisiaca* L) representan la menor área de copa con 1,3 m y 1,7 m respectivamente; la mosquera (*Croton pavonis* Müll.Arg.), guaba (*Inga densiflora* Benth.) y pinglio (*Euphorbia laurifolia* Juss. ex Lam.) son las especies que representan el diámetro de copa medio con valores de 3,8 m, 3,3 m y 3,2 m en su orden; y las especies que tuvieron el

área de copa mayor se encuentran: tabaquillo (*Solanum riparium* Pers.), guayabo (*Psidium guajava* L.) y pico-pico (*Acnistus arborescens* (L.) Schltl.) con 4,8 m, 4,7 m y 4,2 m respectivamente.

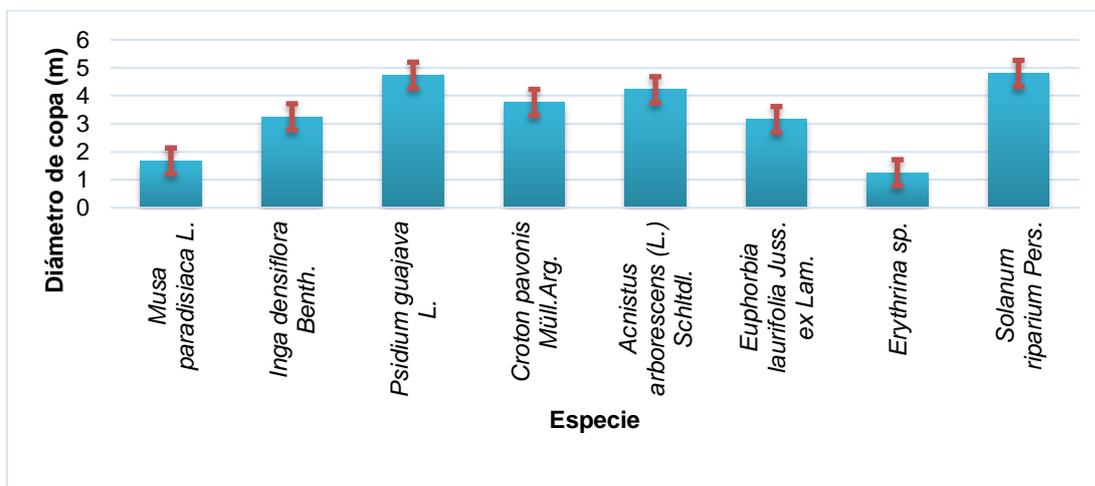


Figura 5. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Chaguarpamba.

4.1.2.5. Índice de valor de importancia simplificado.

En el cuadro 6, se muestra el IVIs encontrado en las parcelas evaluadas de la finca del sitio Chaguarpamba, el mismo fue obtenido mediante la sumatoria de la frecuencia relativa y la densidad relativa, se determinó que la especie del banano (*Musa paradisiaca* L) representó el mayor IVIs con 110 %; y la especie que obtuvo menor IVIs fue tabaquillo (*Solanum riparium* Pers) que con el 10 %.

Cuadro 6. Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Chaguarpamba, evaluado en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Nombre científico	*FR (%)	*DR (%)	IVIs (%)
1	Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	27	83	110
2	Mosquera	<i>Croton pavonis</i> Müll.Arg.	9	6	15

3	Porotillo	<i>Erythrina sp.</i>	18	3	21
4	Guayabo	<i>Psidium guajava</i> L.	9	2	11
5	Pico-pico	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schlttdl.	9	2	11
6	Guaba	<i>Inga densiflora</i> Benth.	9	2	11
7	Pinglio	<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	9	2	11
8	Tabaquillo	<i>Solanum riparium</i> Pers.	9	1	10
TOTAL			100	100	200

*FR = Frecuencia Relativa

*DR = Densidad Relativa

4.1.2.6. Tecnología de manejo del cultivo de café en el sitio Chaguarpamba.

En la finca del sitio de Chaguarpamba el cultivo de café tiene la edad de cuatro años, mantiene variedades de Catauí obtenida mediante el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el proyecto de renovación de cafetales, Geisha y Sachimor, las mismas fueron conseguidas mediante la compra. Realiza fertilización tanto orgánica como inorgánica mediante la aplicación de nutrientes y preventivos; además, fertilizaciones foliares orgánicos e inorgánicos; mantiene un sistema de riego mediante goteo. En cuanto al manejo en podas del cafetal las realiza de acuerdo a las fases lunares y mantiene en su mayoría sombra de banano el banano (*Musa paradisiaca* L); hubo poca presencia de roya en su cafetal y en parte afectó a la producción. Para el comercio del café lo realiza de manera independiente en grano de oro, el proceso y venta lo realiza en la ciudad de Loja.

4.1.3. Sitio Lobongo.

4.1.3.1. Especies arbóreas y arbustivas de sombra.

En el sitio Lobongo, la cantidad de especies arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas del sistema agroforestal fue de siete especies pertenecientes a cinco familias dando un total de 130 individuos entre árboles, arbustos y hierba; de las cuales cinco especies son árboles es arbustos y una hierba (cuadro 7), destacándose con mayor número de individuos el banano (*Musa paradisiaca* L) con una frecuencia de 69, seguida del faique (*Acacia macracantha* Willd) y guaba (*Inga edulis* Mart) con frecuencias de 17 y 14 respectivamente.

Cuadro 7. Identificación de las especies arbóreas y arbustivas en el sitio Lobongo, evaluadas en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Familia	Nombre científico	Biotipo	ni	P ha ⁻¹
1	Banano	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Hierba	69	575
2	Faique	Fabaceae	<i>Acacia macracantha</i> Willd.	Árbol	17	142
3	Guaba	Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Árbol	14	117
4	Aguacate	Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Árbol	4	33
5	Leucaena	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	Árbol	3	25
6	Toronche	Caricaceae	<i>Vasconcellea pubescens</i> A.DC.	Arbusto	2	17
7	Naranja	Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Árbol	1	8
TOTAL					110	917

*ni= Número de especies

*P ha⁻¹= Plantas ha⁻¹

4.1.3.2. Altura y diámetro de copa.

En el cuadro 8, se muestra el coeficiente de variación de la altura y el diámetro de copa de las especies de las tres parcelas evaluadas, en el coeficiente de variación (CV) de la altura para las especies con mayor frecuencia como son: banano (*Musa paradisiaca* L) fue de 24 %, faique (*Acacia macracantha* Willd) presentó 20 % y guaba (*Inga edulis* Mart) tuvo 26 %; el coeficiente de variación del diámetro de copa para dichas especies fue de 21 %, 32 % y 28 % en su orden. Los valores de cero indican que en dicha especie hay baja variabilidad de altura y diámetro de copa o que hubo baja presencia de individuos.

Cuadro 8. Coeficiente de variación de la altura y el diámetro de copa de la vegetación el sitio Lobongo, evaluada en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Nombre científico	Altura (m)		*DC (m)	
			* \bar{X}	CV (%)	* \bar{X}	CV (%)
1	Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	2,74	24	1,24	21
2	Faique	<i>Acacia macracantha</i> Willd.	7,47	20	6,78	32
3	Guaba	<i>Inga edulis</i> Mart.	6,03	26	4,48	28
4	Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	3,29	21	2,79	15
5	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	5,03	43	3,23	76
6	Toronche	<i>Vasconcellea pubescens</i> A.DC.	5,60	9	1,16	8
7	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	3,00	0	1,50	0

* \bar{X} = Promedio

*DC = Diámetro de copa

4.1.3.3. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas.

En la figura 6, se indica la distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas en las tres parcelas evaluadas, en el cual se definen tres estratos: en el estrato alto se encuentran el faique (*Acacia macracantha* Willd) y la guaba (*Inga edulis* Mill) que representaron promedios de 7,5 m y 6 m

respectivamente; mientras que, el estrato medio estuvieron el toronche (*Vasconcellea pubescens* A.DC.) con 5,8 m y leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) con 5 m de altura y las especies del estrato tuvieron una altura menor a 3,3 m, siendo el banano (*Musa paradisiaca* L) la especie que se presentó en menor valor con 2,7 m.

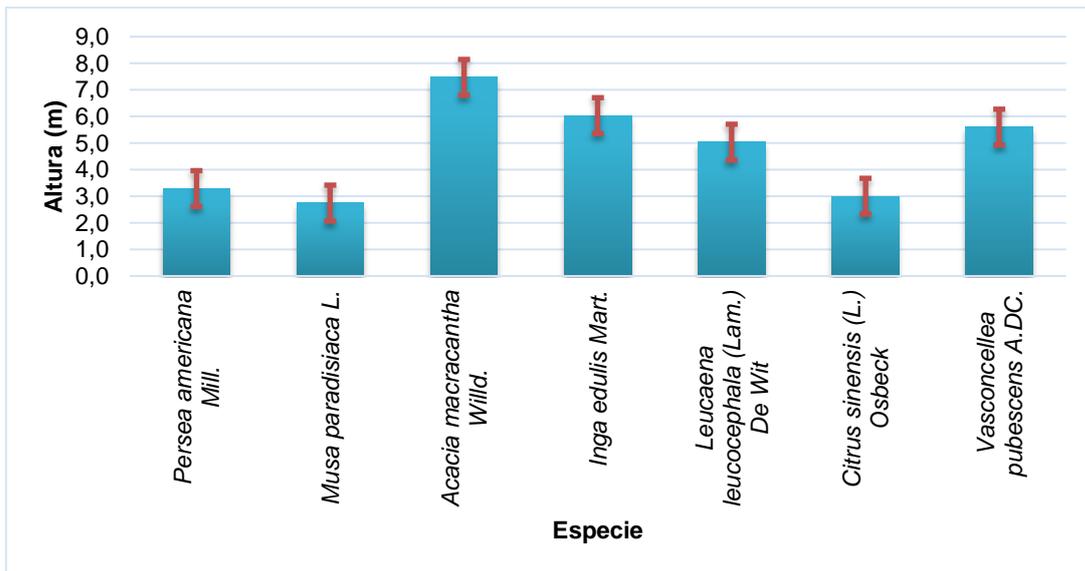


Figura 6. Distribución vertical de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lobongo.

4.1.3.4. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas.

En la figura 7, se muestra la distribución horizontal determinada en base al promedio del diámetro de copa de las especies arbóreas y arbustivas, se distribuyeron en tres estratos: el estrato bajo estuvieron las especies menor a 3,2 m de diámetro promedio; en donde, el toronche (*Vasconcellea pubescens* A.DC.) tuvo el más bajo diámetro de copa con 1,1 m; en el estrato medio estuvo la guaba (*Inga edulis* Mill) con 4,5 m de área de copa y la especie que

representó el estrato alto fue el faique (*Acacia macracantha* Willd) con 6,8 m de diámetro de copa.

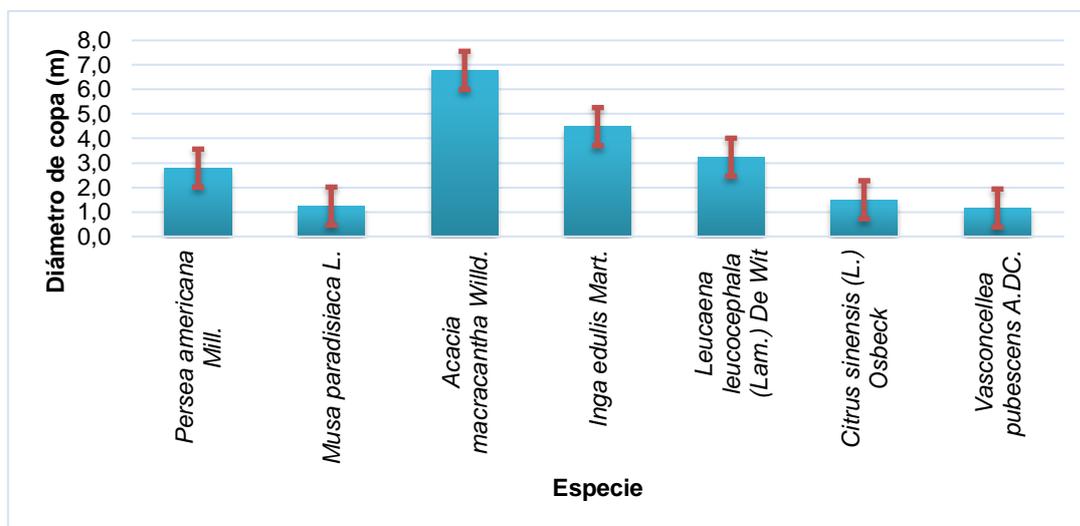


Figura 7. Distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lobongo.

4.1.3.5. Índice de valor de importancia simplificado.

En el cuadro 9, se aprecia el Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) que para obtenerlo fue necesario calcular la frecuencia relativa y la densidad relativa. En las especies arbóreas y arbustivas de sombra el mayor IVIs fue para el banano (*Musa paradisiaca* L) con 83 % y la especie de menor dominancia ecológica fue el naranjo (*Citrus x sinensis* L.) con el 8 %.

Cuadro 9. Índice de valor de importancia simplificado (IVIs) de las especies arbóreas y arbustivas del sitio Lobongo, evaluado en noviembre 2018.

N°	Nombre común	Nombre científico	*FR (%)	*DR (%)	IVIs (%)
1	Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	20	63	83
2	Faique	<i>Acacia macracantha</i> Willd.	20	13	33
3	Guaba	<i>Inga edulis</i> Mart.	13	15	29

4	Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	13	4	17
5	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) De Wit	13	3	16
6	Toronche	<i>Vasconcellea pubescens</i> A.DC.	13	2	15
7	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	7	1	8
TOTAL			100	100	200

*FR = Frecuencia Relativa

*DR = Densidad Relativa

4.1.3.6. Tecnología de manejo del cultivo de café en el sitio Lobongo.

En el sitio Lobongo, la finca se maneja de forma tradicional, las variedades que mantiene son catauí y típica, el cafetal tiene una edad de cuatro años, las plántulas se obtuvieron a través de donación, la fertilización que realiza en la finca es netamente orgánica con el uso de gallinaza al momento de la siembra y el biol durante el desarrollo de las plantas. Se realizan podas en el cafetal anualmente y la poda en los árboles de sombra no se realiza, sin embargo, usa especies como banano (*Musa paradisiaca* L), guabo (*Inga edulis* Mart), leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit) y porotillo (*Erythrina* sp). Su producción la comercializa a los intermediarios lo vende sea lavado o bola, siendo 125 libras en pergamino a 250 USD a una asociación.

4.2. Descripción de las características que presenta el microclima en los SAF-café durante la época seca en tres distintos pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba - Olmedo en la provincia de Loja.

4.2.1. Sitio Lozumbe.

4.2.1.1. Sombra.

El porcentaje de sombra en el sistema agroforestal de la finca de Lozumbe se determinó que en las tres parcelas evaluadas existe un porcentaje de sombra homogéneo ya que la diferencia entre las parcelas de menor porcentaje de sombra y la de mayor es de 2 %; es decir fue de 66, 67 y 68 % respectivamente (figura 8).

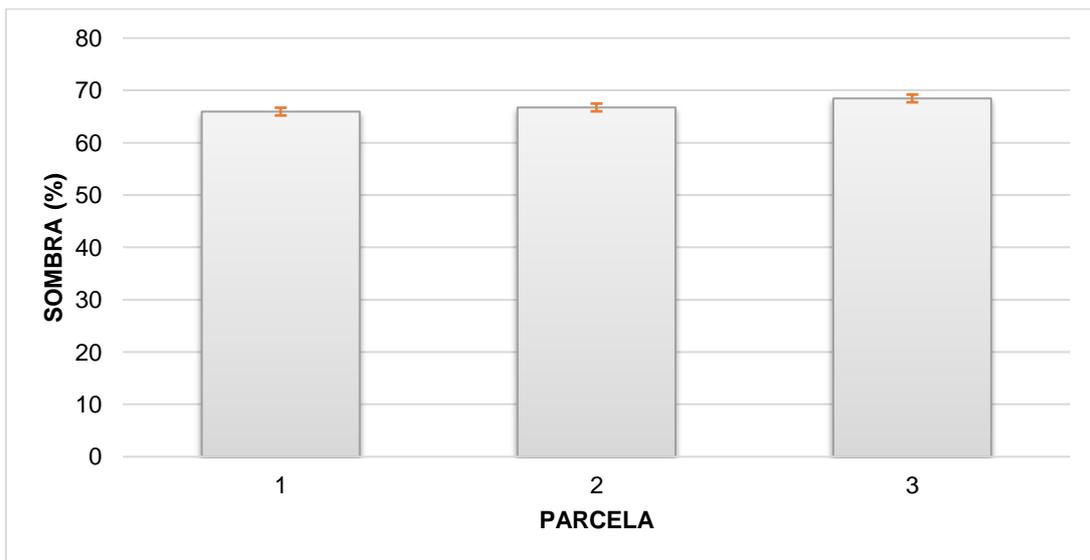


Figura 8. Medias de porcentaje de sombra de las tres parcelas en el sitio Lozumbe.

4.2.1.2. Temperatura del aire.

En la figura 9, se indica la temperatura del aire media dentro y fuera del sistema agroforestal en las tres parcelas tomada durante las seis evaluaciones, donde, la temperatura interna se dio en un rango de 20,6 °C a 29,8 °C y la temperatura externa osciló entre 20,4 °C y 31 °C, claramente se observó que la temperatura externa fue mayor a la interna a excepto de la evaluación 2 y 4 que se diferenció de 0,4 y 0,2 °C inversamente.

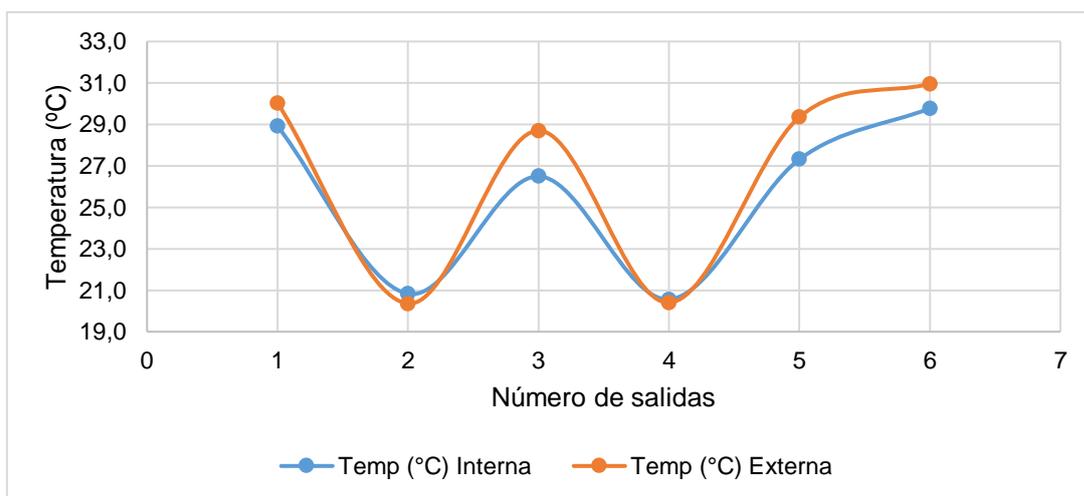


Figura 9. Medias de la temperatura interna y externa el sitio Lozumbe

El promedio de las diferencias entre la temperatura del aire externa e interna en las tres parcelas evaluadas se presentó entre -1,1 a -0,9 °C, se observó notoriamente que la temperatura del aire dentro del sistema agroforestal se redujo en las tres parcelas (figura 10).

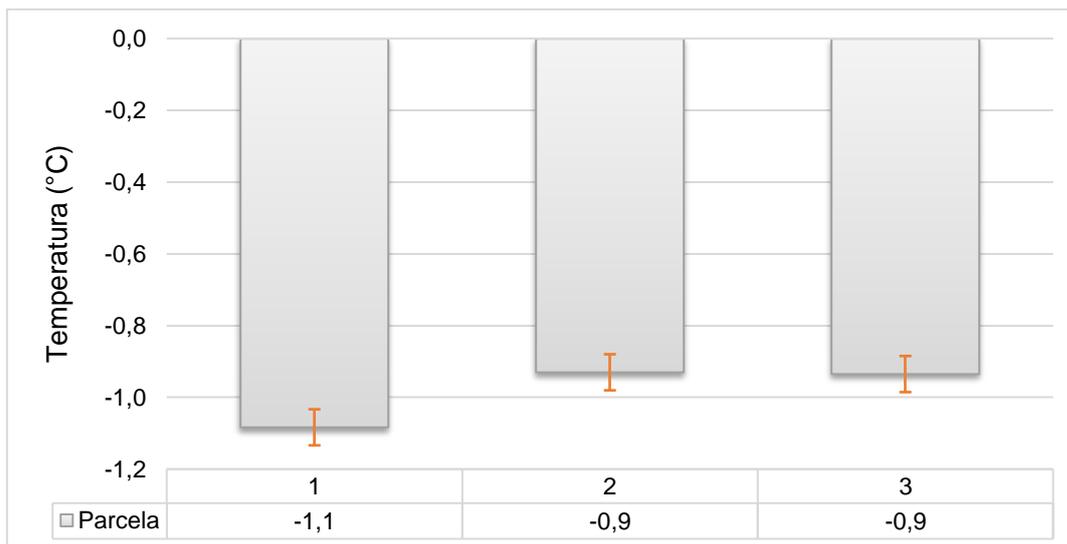


Figura 10. Medias de la diferencia entre la temperatura interna y externa el sitio Lozumbe.

4.2.1.3. Humedad relativa.

En la figura 11, indica el porcentaje de humedad relativa (HR) presente dentro y fuera del sistema agroforestal, se determinó que durante las seis evaluaciones la humedad relativa externa osciló entre 47,7 a 64,3 %, mientras que la interna estuvo entre 60,2 y 70,2 %; se notó que en todas las evaluaciones el porcentaje de HR interno fue mayor al externo.

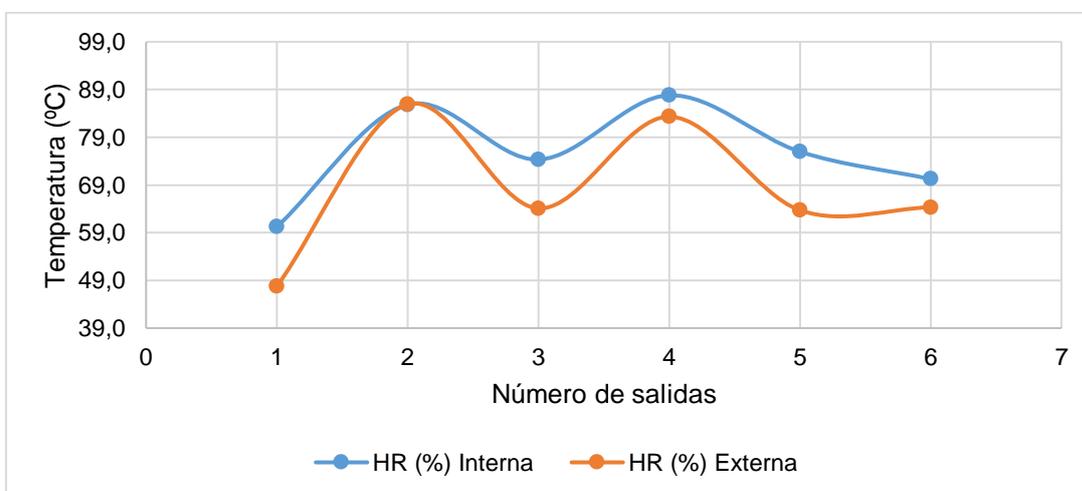


Figura 11. Medias de la humedad relativa interna y externa en el sitio Lozumbe.

En la figura 12 indica el promedio de la diferencia del porcentaje de humedad relativa (HR) entre la humedad relativa externa e interna en las tres parcelas evaluadas, se determinó que las parcelas uno y tres se obtuvo diferencias de porcentaje de HR similares con 7,1 y 7,2 % respectivamente, solo la parcela dos alcanzó una diferencia HR de 9,5 %.

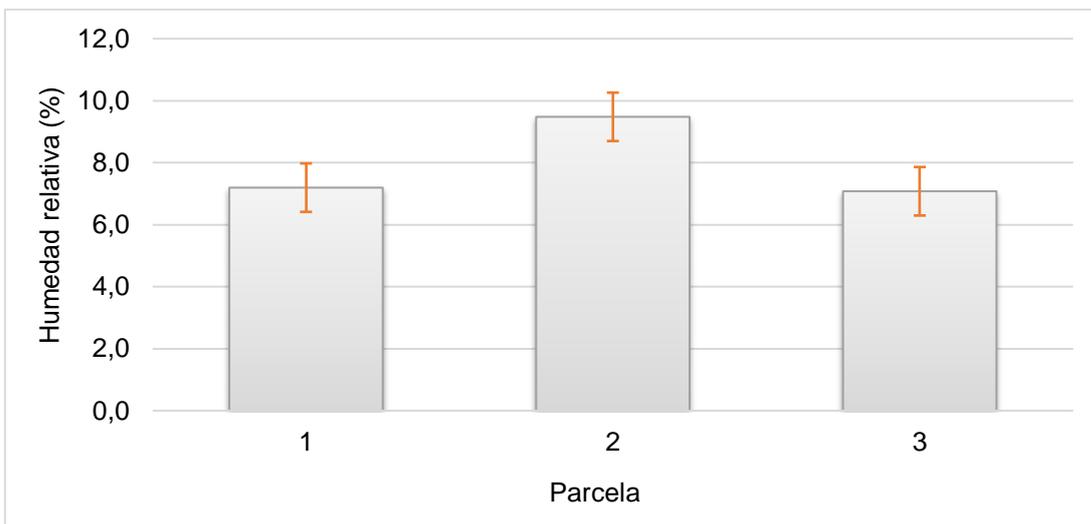


Figura 12. Medias de la diferencia entre la humedad relativa interna y externa en el sitio Lozumbe.

4.2.1.4. Velocidad del viento.

En la figura 13 se indica el promedio de la velocidad del viento evaluada tanto interna como externa del sistema agroforestal en las tres parcelas, se denotó claramente que la velocidad del viento externa tiene una variación alta que oscila de 0,1 a 0,9 m s⁻¹, a diferencia de la interna que se mantiene constante con poca variación entre 0 y 0,3 m s⁻¹.

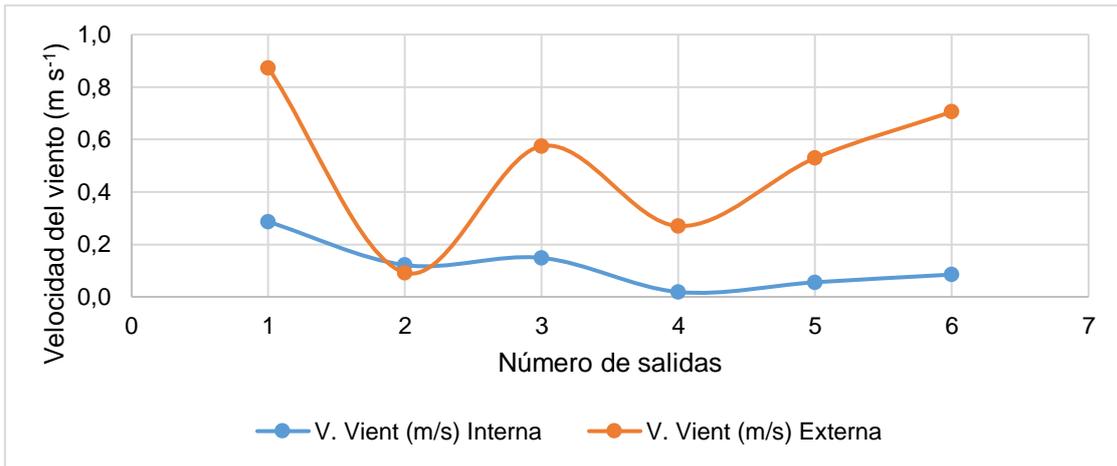


Figura 13. Medias de la velocidad del viento interna y externa en el sitio Lozumbe.

En la figura 14 se muestra el promedio de las diferencias de la velocidad del viento dentro y fuera del sistema agroforestal en las tres parcelas evaluadas, las mismas, que oscilaron entre $-0,5$ y $-0,3$ $m\ s^{-1}$; además, se evidenció que dentro del sistema agroforestal disminuyó la velocidad del viento en comparación con la exterior.

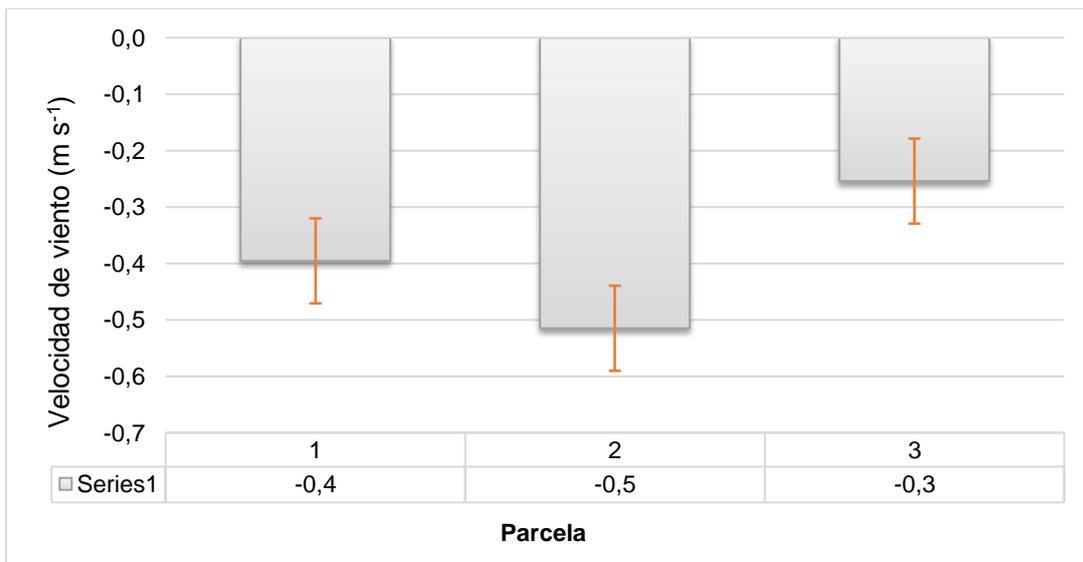


Figura 14. Medias de la diferencia entre velocidad del viento interna y externa en el sitio Lozumbe.

4.2.1.5. Correlaciones entre las variables climáticas del sitio Lozumbe.

En el cuadro 10 indica la relación que existió entre las la sombra y las variables climáticas evaluadas, según la escala de interpretación de la correlación de Pearson (Anexo 5), donde se muestra que entre variable sombra y las variables temperatura del aire y velocidad del viento tiene correlación negativa muy baja, es decir están inversamente relacionadas mientras una aumenta la otra disminuye, en cuanto a la humedad relativa existe correlación positiva moderada de 0,45; está directamente relacionada por ende, al aumentar una la otra también aumenta.

Cuadro 10. Correlaciones de las variables climáticas del sitio Lozumbe

Variable 1	Variable 2	Correlación de Pearson	Interpretación
Sombra	Humedad relativa	0,45	Existe una correlación moderada positiva
	Temperatura	-0,22	Existe una correlación baja negativa
	Velocidad del viento	-0,13	Existe una correlación muy baja negativa

4.2.2. Sitio Chaguarpamba.

4.2.2.1. Sombra.

En la figura 15, se muestra el porcentaje de sombra de las tres parcelas evaluadas dentro del sistema agroforestal, se evidenció que en la parcela uno y tres existe un porcentaje de sombra similar de 34 y 35 % respectivamente, solo la parcela dos presentó 21 % de sombra.

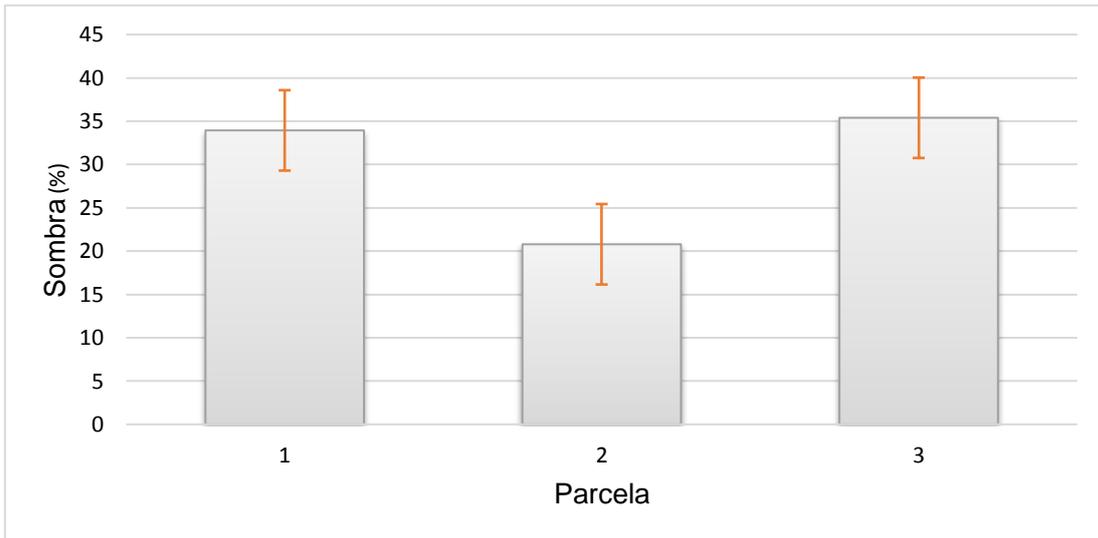


Figura 15. Medias de porcentaje de sombra de las tres parcelas en el sitio Chaguarpamba.

4.2.2.2. Temperatura del aire.

La temperatura del aire media dentro y fuera del sistema agroforestal en las tres parcelas tomada durante las seis evaluaciones se muestra en la figura 16, donde, la temperatura interna oscila entre 18,8 °C y 31,9 °C y la temperatura externa estuvo entre 19,7 °C y 29,7 °C; además se observó que la temperatura externa fue mayor a la interna a excepción de la evaluación uno que sucede todo lo contrario.

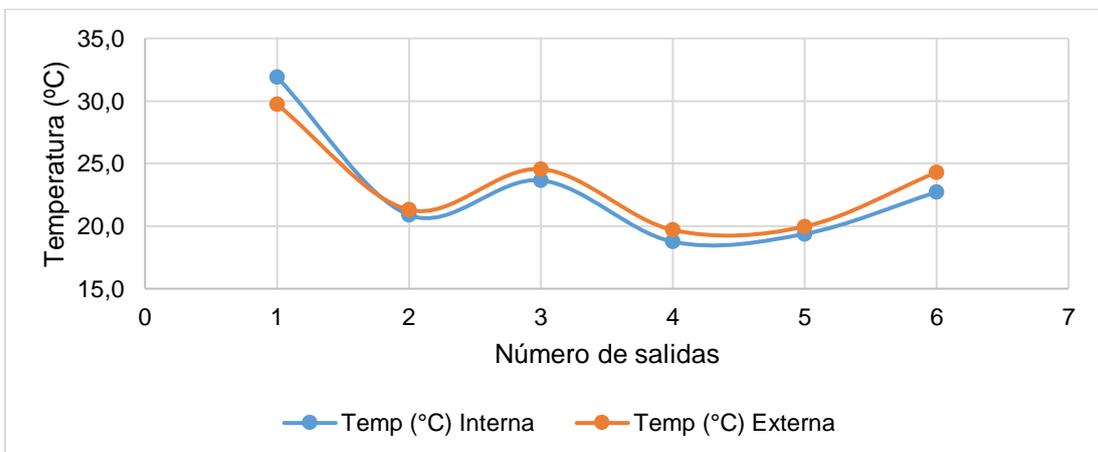


Figura 16. Medias de la temperatura interna y externa en el sitio Chaguarpamba.

El promedio de las diferencias entre la temperatura del aire externa e interna en las tres parcelas evaluadas se presentó entre $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, se observó que la temperatura del aire dentro del sistema agroforestal se redujo en las tres parcelas; en el cual, la parcela uno presentó la mayor diferencia en comparación con las otras dos parcelas (figura 17).

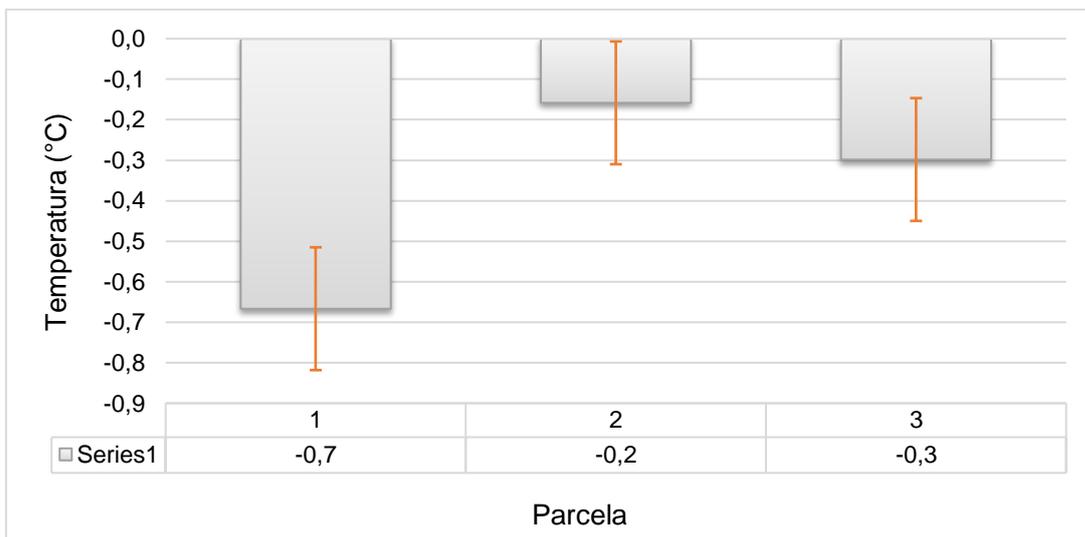


Figura 17. Medias de la diferencia entre temperatura interna y externa en el sitio Chaguapamba.

4.2.2.3. Humedad relativa.

En la figura 18, indica el porcentaje de humedad relativa (HR) presente dentro y fuera del sistema agroforestal, se determinó que durante las seis evaluaciones la humedad relativa externa osciló de $50,9\%$ a $76,7\%$, mientras que la interna estuvo entre $50,3\%$ y $83,5\%$; se observó que en todas las evaluaciones el porcentaje de HR interno fue mayor al externo.

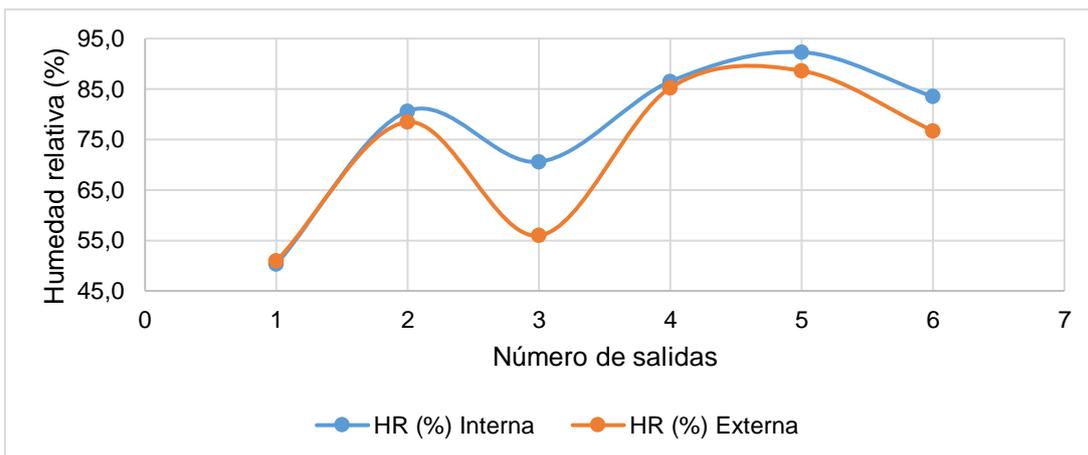


Figura 18. Medias de la humedad relativa interna y externa en el sitio Chaguarpamba.

En la figura 19, indica el promedio de la diferencia del porcentaje de humedad relativa (HR) externa e interna en las tres parcelas evaluadas, se denotó que las parcelas uno y dos existen similares diferencias de HR que fueron desde 5,7 %, 5,2 % respectivamente; y la parcela tres presenta una diferencia menor con 4,2 %, se denotó que todas las parcelas las HR externas fue menor a la interna.

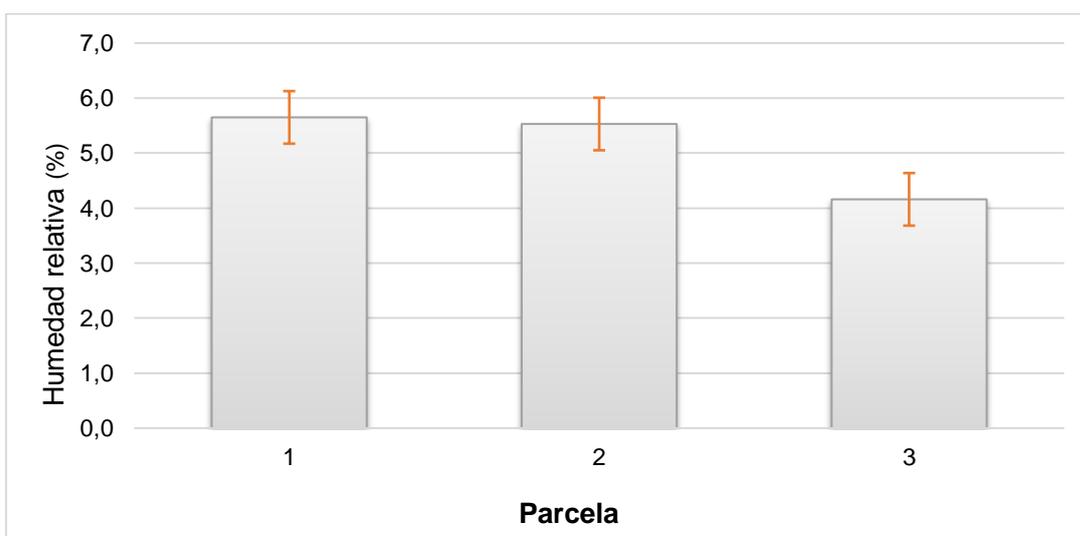


Figura 19. Medias de la diferencia entre humedad relativa interna y externa en el sitio Chaguarpamba.

4.2.2.4. Velocidad del viento.

En la figura 20 se indica el promedio de la velocidad del viento evaluada tanto interna como externa del sistema agroforestal en las tres parcelas, se denotó que la velocidad del viento externa oscila de 0,5 a 1,6 m s⁻¹, mientras que la interna que se mantiene varía entre 0,2 y 0,9 m s⁻¹. Además, se observó que la velocidad del viento interna es menor a la externa en todas las evaluaciones.

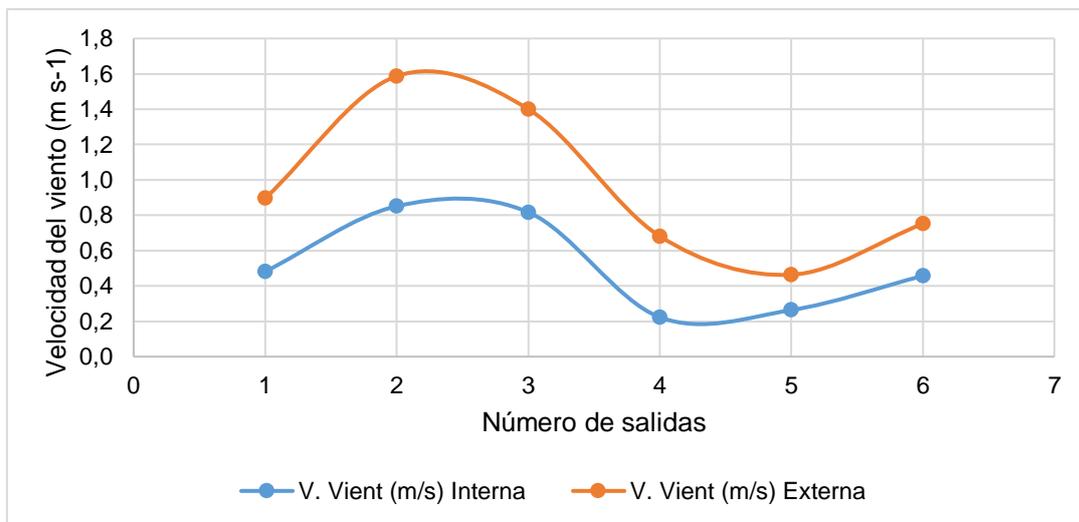


Figura 20. Medias de la velocidad del viento interna y externa en el sitio Chaguarpamba.

En la figura 21, indica el promedio de las diferencias de la velocidad del viento dentro y fuera del sistema agroforestal en las tres parcelas evaluadas, se determinó que la velocidad del viento se redujo internamente entre -0,6 y -0,4 m s⁻¹ en comparación con la exterior.

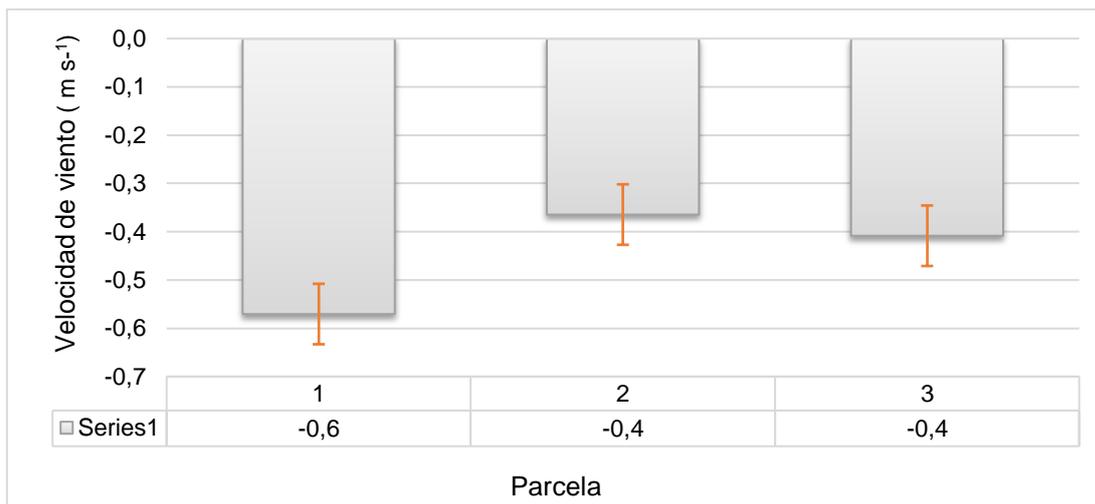


Figura 21. Medias de la diferencia entre velocidad del viento interna y externa en el sitio Chaguarpamba.

4.2.2.5. Correlaciones entre las variables climáticas del sitio Chaguarpamba.

En el cuadro 11 indica la relación que existió entre el porcentaje de sombra y las variables climáticas evaluadas, donde se muestra que entre variable sombra y las variables temperatura del aire y viento tiene correlación negativa baja, es decir, están inversamente relacionadas mientras una aumenta la otra disminuye; en cuanto a la humedad relativa existe correlación positiva baja, está directamente relacionada por ende que al aumentar una la otra también aumenta.

Cuadro 11. Correlaciones de las variables climáticas del sitio Chaguarpamba.

Variable 1	Variable 2	Correlación de Pearson	Interpretación
Sombra	Humedad relativa	0,23	Existe una correlación baja positiva
	Temperatura	-0,28	Existe una correlación baja negativa.
	Velocidad del viento	-0,07	Existe una correlación muy baja negativa.

4.2.3. Sitio Lobongo.

4.2.3.1. Sombra.

En la figura 22, se muestra el porcentaje de sombra de las tres parcelas evaluadas dentro del sistema agroforestal, se evidenció que en la parcela uno y dos existe un porcentaje de sombra similar de 51 % y 57 % respectivamente, en la parcela tres presentó el porcentaje de sombra mayor con 74 %.

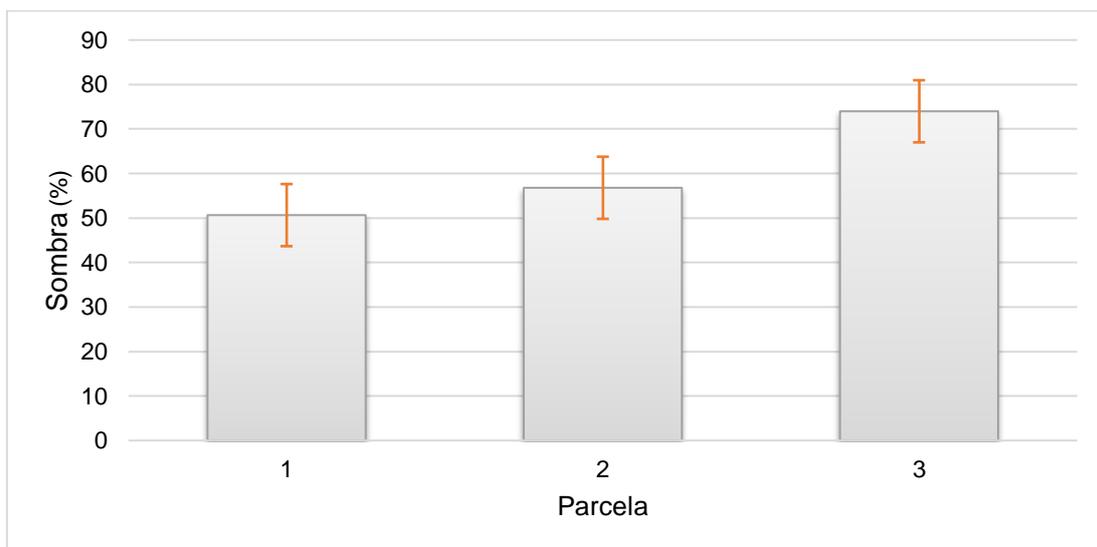


Figura 22. Medias de porcentaje de sombra de las tres parcelas en el sitio Lobongo.

4.2.3.2. Temperatura del aire.

La temperatura del aire media dentro y fuera del sistema agroforestal en las tres parcelas tomada durante las seis evaluaciones se muestra en la figura 23, donde la temperatura interna oscila entre 23,5 °C a 24,4 °C y la temperatura externa estuvo entre 24 °C y 27,9 °C; además se observó que la temperatura externa fue mayor a la interna a excepto de la evaluación uno se sucede todo lo contrario.

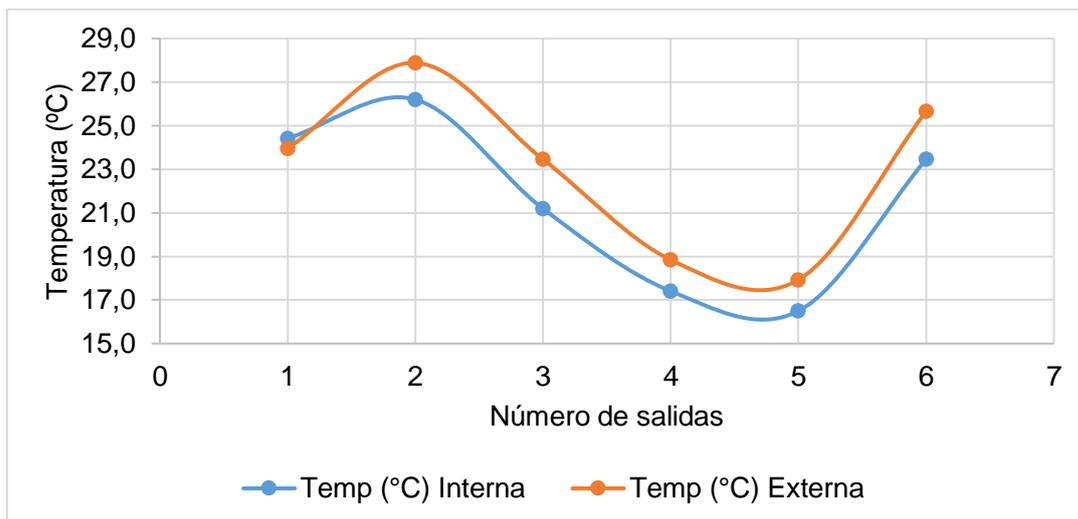


Figura 23. Medias de la temperatura interna y externa en el sitio Lobongo.

El promedio de las diferencias entre la temperatura del aire externa e interna en las tres parcelas evaluadas se presentó entre -2 °C a $-1,1\text{ °C}$, se observó notoriamente que la temperatura del aire dentro del sistema agroforestal se redujo en las tres parcelas, la parcela tres presentó la mayor diferencia en comparación con las otras dos parcelas (figura 24).

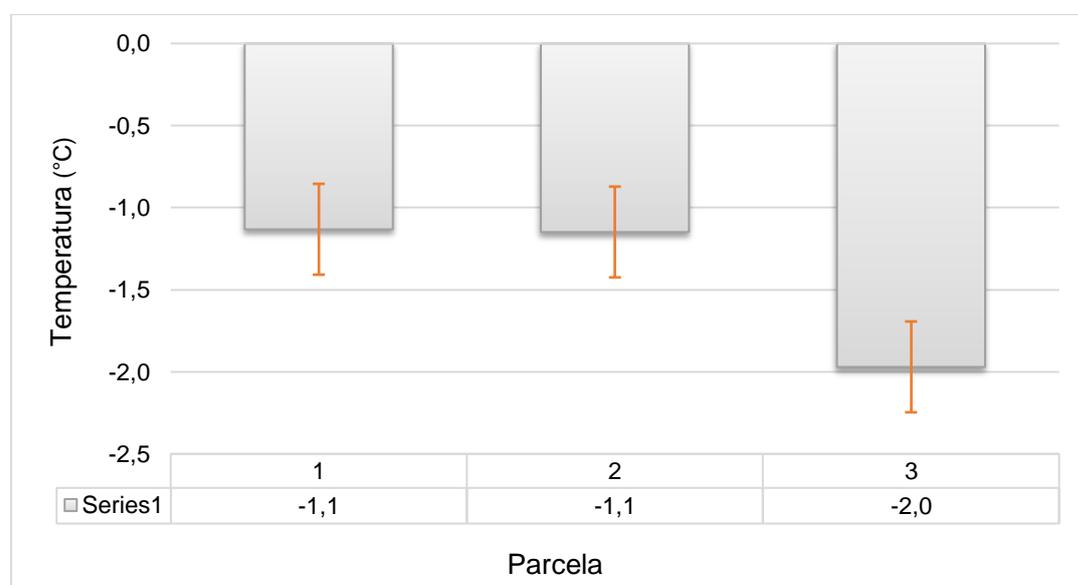


Figura 24. Medias de la diferencia entre la temperatura interna y externa en el sitio Lobongo.

4.2.3.3. Humedad relativa.

En la figura 25, indica el porcentaje de humedad relativa (HR) presente dentro y fuera del sistema agroforestal, se determinó que humedad relativa externa osciló de 50,9 % a 88,5 % y la HR interna estuvo entre 55,0 % y 91,4 %.

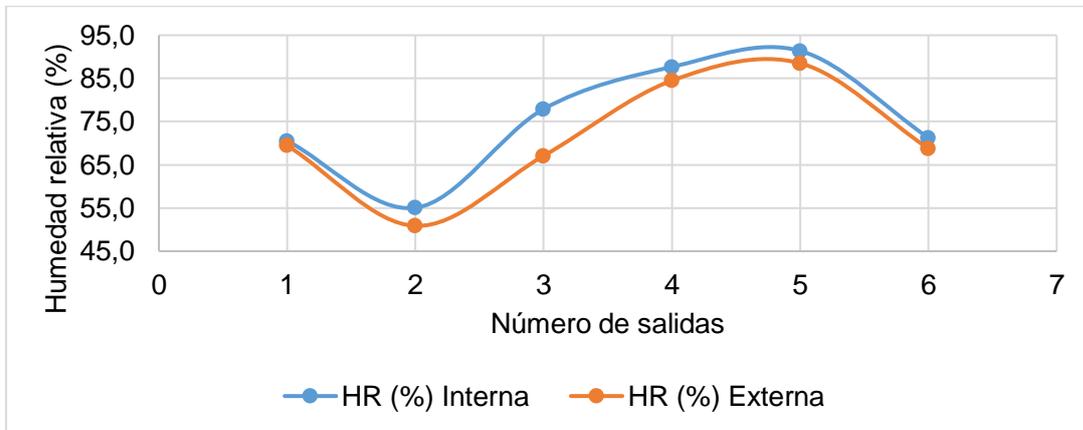


Figura 25. Medias de la humedad relativa interna y externa en el sitio Lobongo.

Los valores del promedio de la diferencia del porcentaje de humedad relativa (HR) externa e interna en las tres parcelas evaluadas oscilaron entre 3,8 % y 4,9 %, se denotó que todas las parcelas las HR externas fueron menor a la interna (figura 26).

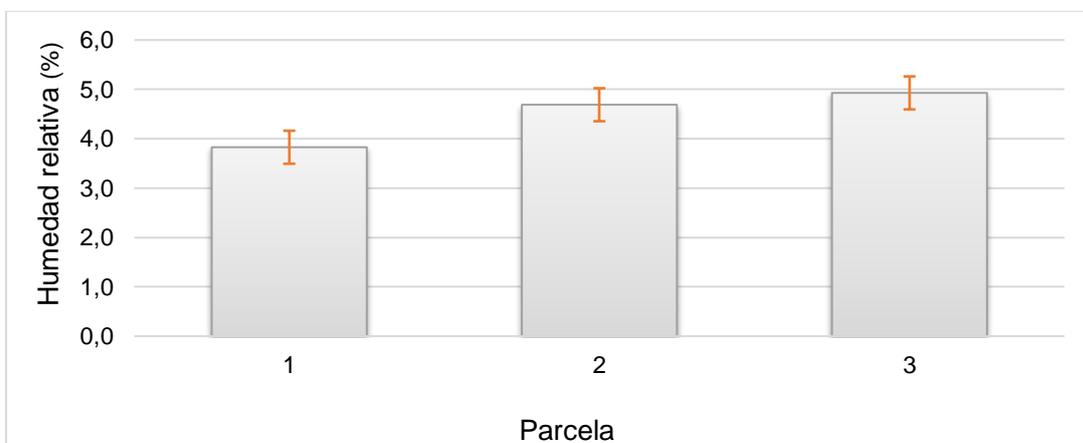


Figura 26. Medias de la diferencia entre la humedad relativa interna y externa en el sitio Lobongo.

4.2.3.4. Velocidad del viento.

En la figura 27 se indica el promedio de la velocidad del viento interna y externa del sistema agroforestal en las tres parcelas, se denotó que la velocidad del viento externa oscila de 0 a 1 m s^{-1} , mientras que la interna varía entre 0 y $0,4 \text{ m s}^{-1}$. Además, se observó que la velocidad del viento interna es menor a la externa en todas las evaluaciones.

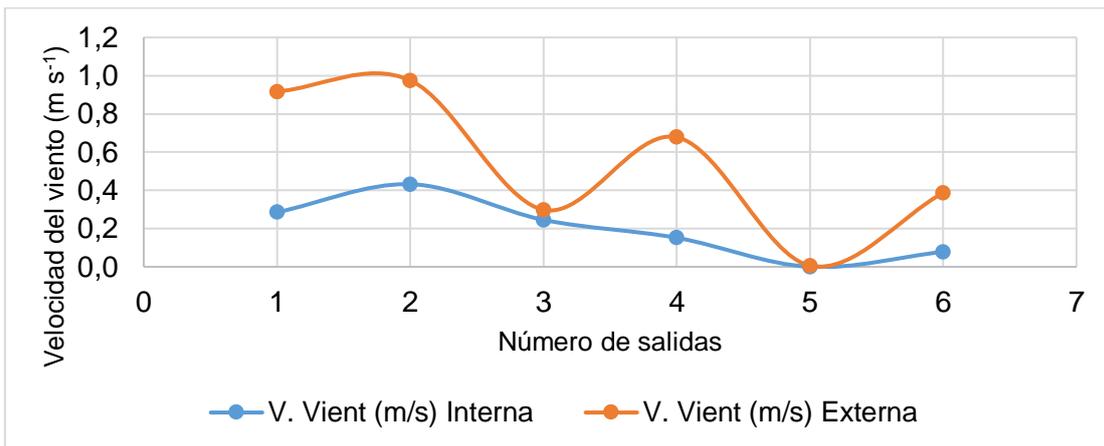


Figura 27. Medias de la velocidad del viento interna y externa en el sitio Lobongo.

En la figura 28, indica el promedio de las diferencias de la velocidad del viento dentro y fuera del sistema agroforestal en las tres parcelas, se identificó que la velocidad del viento se redujo internamente entre $-0,5$ y $-0,2 \text{ m s}^{-1}$ en comparación con la exterior.

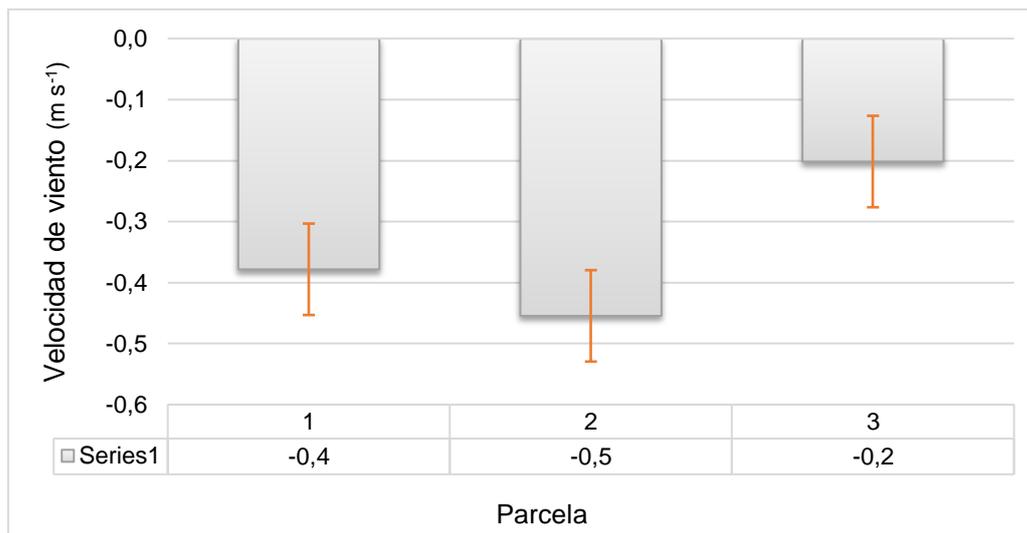


Figura 28. Medias de la diferencia entre la velocidad del viento interna y externa en el sitio Lobongo.

4.2.3.5. Correlaciones entre las variables climáticas del sitio Lobongo.

En el cuadro 12 indica la relación que existió entre el porcentaje de sombra y las variables climáticas evaluadas, donde se muestra que la variable sombra y las variables temperatura del aire y viento tiene correlación positiva baja, es decir están directamente relacionadas mientras una aumenta la otra también aumenta, en cuanto a la humedad relativa existe correlación negativa baja; está inversamente relacionada por ende que al aumentar una la otra disminuye.

Cuadro 12. Correlaciones de las variables climáticas del sitio Lobongo.

Variable 1	Variable 2	Correlación de Pearson	Interpretación
Sombra	Humedad relativa	-0,11	Existe una correlación muy baja negativa
	Temperatura	0,03	Existe una correlación muy baja positiva
	Velocidad del viento	0,05	Existe una correlación muy baja positiva

5. DISCUSIÓN

5.1. Composición arbórea y arbustiva existente en los SAF-café.

5.1.1. Especies arbóreas y arbustivas.

En los sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* L) de la zona cafetalera Chaguarpamba – Olmedo se encontraron 29 especies de sombra: en Lozumbe 14, en Chaguarpamba ocho y en Lobongo siete especies; en esta zona de manera general la vegetación arbórea y arbustiva de sombra fue representada por un 76 % de especies de árboles, 14 % de arbustos y 10 % de hierbas; es decir, que cada finca mantiene una diversidad de especies distinta, al respecto Alvarado (2017) en su estudio denominado “Análisis de correspondencia en la diversidad florística de agroecosistemas cafetaleros en la selva central del Perú” indica que en cada sitio evaluado encontró diferente número de especies; así mismo, Villavicencio (2012) en estudios realizados en México, indica que de los sistemas agroforestales de café se obtienen beneficios económicos similares aunque la composición de especies del dosel y los productos obtenidos son distintos.

En esta zona a pesar de la diferencia de los pisos altitudinales de cada sitio, se caracterizó porque en todas las fincas cafetaleras el banano (*Musa paradisiaca* L) es la especie con mayor frecuencia en porcentajes de 39, 82 y 63 % para Lozumbe, Chaguarpamba y Lobongo respectivamente; resultados que coinciden en estudios realizados por Alvarado (2017) en donde *Musa paradisiaca* L ocupa el primer lugar entre todas las especies con una

frecuencia de 84,8 %. Otra de las especies que se encontró presente en las tres fincas es el género *Inga*, la misma que es utilizada como fijadora de nitrógeno al suelo para la nutrición del cafeto, además, es una de las especies más frecuentes utilizadas en las fincas cafetaleras (Sánchez *et al.*, 2017); por otra parte Aguilar *et al.* (2015) manifiestan que la diversidad arbórea predominante en un SAF-café son los de sombra mono específica (solo género *Inga*) y sombra diversificada (una combinación del género *Inga* con árboles frutales para consumo o árboles maderables para su venta).

En Lozumbe, además de *Musa paradisiaca* L las especies más frecuentes fueron guabo blanco (*Cupania cinerea* Poepp) y el porotillo (*Erythrina* sp); en Chaguarpamba la mosquera (*Croton pavonis* Müll.Arg.) y porotillo (*Erythrina* sp); y en Lobongo el faique (*Acacia macracantha* Willd) y guaba (*Inga edulis* Mart); es decir, que la zona cafetalera Chaguarpamba – Olmedo presentó un SAF-café de modalidad policultivo. Escamilla *et al.* (2005) indican que la modalidad de policultivo integra diversos árboles de vegetación nativa y secundaria, así como diversos frutales (tanto nativos como introducidos) y, en menor grado, árboles de leguminosas del género *Inga*, o bien, en policultivos comerciales, intercalando otros cultivos destinados al mercado y que contribuyen a complementar los ingresos de los productores.

En fin, cada productor mantiene las especies arbóreas que se adapten a su medio y le suministren una buena rentabilidad en su producción, es así que Sánchez *et al.* (2017) indican que la diversidad arbórea dentro del cafetal depende del propósito del dueño de la finca.

5.1.2. Altura y diámetro de copa.

En el sitio Lozumbe la especie que representó mayor variabilidad en su altura y diámetro de copa fue la guaba (*Inga edulis* Mart), seguida por las especies de Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* Fisch. & CAMEy.) y el naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) en cuanto a su altura; mientras que en el diámetro de copa fueron el guabo blanco (*Cupania cinerea* Poepp) y el porotillo (*Erythrina* sp). Las especies con mayor variabilidad en Chaguarpamba fueron representadas por el banano (*Musa paradisiaca* L), porotillo (*Erythrina* sp) y mosquera (*Croton pavonis* Müll.Arg.), tanto en su altura como área de copa. En Lobongo las especies con mayor coeficiente de variación fueron leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit), guaba (*Inga edulis* Mart) y banano (*Musa paradisiaca* L).

Los resultados concuerdan con Aguirre Z y Aguirre C (2014) en sus estudios de especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas semiáridas del sur del Ecuador, donde indican que los árboles dispersos en cultivos perennes es una práctica muy difundida, las especies que se usan son, en unos casos de regeneración natural, que han sido dejadas y cuidadas en el terreno; y en otros casos, sembradas por los propietarios con el apoyo de proyectos de desarrollo que trabajan en la zona.

Las 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.

En cuanto distribución vertical y horizontal de las especies en la zona Chaguarpamba – Olmedo, resultó que las especies que presentaron mayor distribución vertical fueron el pashaco (*Schizolobium parahyba* (Vell.) SFBlake) en el sitio Lozumbe, el guayabo (*Psidium guajava* L) en Chaguarpamba y el faique (*Acacia macracantha* Willd) en Lobongo; donde, Chaguarpamba presenta dos estratos a diferencia de los otros sitios que tuvieron tres estratos.

Los resultados presentados indica que existe diversidad en la distribución vertical de las especies, con presencia de distintos estratos en cada finca evaluada y a su vez las alturas máximas encontradas son diferentes; lo cual ratifica Zapata (2019) que en los SAF-café no existe una distribución homogénea de la sombra en el terreno, que existe superposición de copas y se evidencia una mayor complejidad en la estructura vertical del SAF; además, que pueden existir distintos estratos bien diferenciados y cada uno con diferentes alturas con respecto a los otros SAF.

La distribución horizontal de las especies arbóreas y arbustivas de sombra en todos los sitios se presentó con tres estratos, aunque las máximas áreas de copas y la vegetación de sombra presente son distintas entre cada especie y cada sitio; las especies que presentaron mayor distribución horizontal son el higerón (*Ficus insípida* Willd) en Lozumbe, el tabaquillo (*Solanum riparium* Pers) en Chaguarpamba y el faique (*Acacia macracantha* Willd) en Lobongo. Maldonado *et al.* (2018) en estudios realizados en la estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo

en Palanda, Zamora Chinchipe, Ecuador; indican que la vegetación arbórea presenta irregularidad de la forma de las copas, especialmente los árboles que tienen copas amplias y frondosa, esta característica determina que exista un enmarañamiento entre las copas, por el agrupamiento de algunas especies.

5.1.3. Índice de Valor de Importancia Simplificado.

El índice de valor de importancia simplificado (IVIs) de las especies está dado por la densidad relativa y frecuencia relativa de las mismas; en la zona cafetalera Chaguarpamba – Olmedo; en el sitio Lozumbe, Chaguarpamba y Lobongo la especie con mayor IVIs es el banano (*Musa paradisiaca* L) con 51 %, 110 % y 83 % en su respectivo orden. En menores porcentajes en el sitio Lozumbe se encontraron las especies de guabo blanco (*Cupania cinerea* Poepp) y porotillo (*Erythrina sp*); en Chaguarpamba la especie de porotillo (*Erythrina sp*) y en Lobongo la guaba (*Inga edulis* Mart) y faique (*Acacia macracantha* Willd).

Según Alvarado (2017) la importancia de *Musa paradisiaca* L se justifica porque es usada como sombra y alimento para el productor; además, Leiva (2011) indica que la alta frecuencia y densidad de estas especies en los cafetales puede estar asociada al agropaisaje de la zona, la capacidad de adaptarse a las condiciones de manejo, alta producción de semillas y capacidad de rebrote; lo cual ha favorecido que las especies antes mencionadas se encuentren de manera abundante.

Sin embargo, Zapata (2019) en su estudio de Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia, no muestra especies similares a las del presente estudio con excepción de *Inga edulis* Mart, no obstante, ratifica que las especies con mayor importancia en SAF-café están relacionado con las preferencias de los productores por estas especies debido a interacciones biofísicas, ambientales y/o económicas favorables, al asociarlas con el café.

5.2. Descripción de las características que presenta el microclima en los SAF-café

5.2.1. Sombra.

De manera general en los tres sitios de estudio de la zona cafetalera de Chaguarpamba – Olmedo, en las fincas se obtuvieron un porcentaje promedio de 53 % de sombra, el sitio Lozumbe tuvo el mayor porcentaje de sombra con 67 %, seguida de Lobongo con 60 % y Chaguarpamba con 30 % de sombra en promedio entre parcelas, lo que indica que hay una amplia diferencia y no existe uniformidad entre sus sitios. Al respecto Zapata *et al.* (2017) indican que los niveles de sombra entre 48 y 70 % afectan negativamente la fotosíntesis de las plantas de café, mientras con niveles de sombra, hasta de 47 %, se obtiene una eficiencia fotosintética similar a plantas de café a pleno sol; por lo antes mencionado, Chaguarpamba presenta un porcentaje óptimo para el desarrollo normal del cafeto, mientras que los demás sitios la fotosíntesis el cafeto se vería afectado; de la misma forma Maldonado *et al.* (2014) en estudios sobre el efecto de la cobertura arbórea en sistemas de café

orgánico en el Sur de Oaxaca, indican que una cobertura de sombra densa (>75 %) generan mayores acumulaciones de materia orgánica al suelo y susceptibilidad al ataque de broca (*Hypothenemus hampei*), roya (*Hemileia vastatrix*) y ojo de gallo (*Mycena citricolor*); sin embargo, este nivel de sombra muestra menor presencia de malezas.

La diferencia de porcentajes de sombra presentado en las tres fincas de estudio se debe a las distintas especies que conforma cada sistema agroforestal; es así, que Long *et al.* (2015) en estudios sobre los Efectos de los tipos de árboles de sombra en la variación de la luz y la producción de café Robusta en Vietnam, indican que la intensidad de la luz en el café disminuye con la sombra y que esto depende de las especies de los árboles.

El porcentaje de sombra presentado en cada sitio se debió a la diversidad de especies, la edad, la densidad y el manejo de las mismas, así lo ratifica Farfán (2007) que indica que los distintos niveles de sombra se pueden dar además de las antes mencionadas, por el ataque de plagas en determinadas épocas del año, pueden obtenerse niveles de sombreamiento deficientes o muy bajos para el desarrollo del cultivo (sombrió del 10 al 20 %); de la misma manera, con densidades altas de siembra, mal manejo (sin podas de mantenimiento y sin podas de formación), una inadecuada distribución de los árboles, en corto tiempo se presentarán niveles de sombreamiento excesivos (>50 %) limitantes para la producción del café, como resultó el caso de Lozumbe y Lobongo.

5.2.2. Temperatura del aire.

En la zona de estudio durante el lapso de evaluaciones se obtuvo una temperatura interna promedio de 23,4 °C, esta temperatura se encuentra dentro de los rangos para el desarrollo adecuado del cafeto; así lo ratifica Arcila *et al.* (2007) quienes señalan que temperatura óptima para el crecimiento del café está entre 19 y 21°C, con un límite inferior de 13°C y uno superior de 32°C.

La temperatura dentro del sistema agroforestal de café disminuyó en promedio 0,9 °C, estos resultados son superiores a los presentados por Pezzopane *et al.* (2007) en estudios realizados en Brasil indican que en primavera y verano la temperatura del aire se reduce en 0,3 °C a 0,6 °C, sin embargo, indican que en el invierno hay un leve aumento de 0,15 °C en promedio. Así mismo, Ehrenbergerová *et al.* (2017) revelan en sus estudios realizados en la Amazonía de Perú que la sombra de los árboles reduce la temperatura media del aire de $0,4 \pm 0,04$ °C; y en las temperaturas máximas obtenidas durante los estudios se disminuyeron en $2,09 \pm 2,68$ °C.

Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio son inferiores a los obtenidos por Araújo *et al.* (2016) en estudios del Microclima, desarrollo y productividad del café robusta a la sombra de los árboles de caucho y a pleno sol, que muestran una reducción de la temperatura del aire dentro del sistema agroforestal de 4,8 °C en las primeras horas de la mañana (07h20) y al medio día (14h00) se obtiene una disminución de 3,9 °C.

5.2.3. Humedad relativa.

En los tres sitios de estudio se obtuvo una humedad relativa interna promedio de 76,2 %, la misma que, dentro del sistema agroforestal de café aumentó en promedio 5,8 %. El promedio de zona cafetalera de estudio es mayor a los encontrados por Araújo *et al.* (2016) que indican que hubo un aumento de la humedad relativa, la diferencia máxima encontrada verano (07h40) fue de 1,09 % a lo largo del día y en el invierno (07h10) mantuvo una diferencia promedio de 4,05 % a lo largo del día. De la misma manera Ehrenbergerová *et al.* (2017) encontraron valores menores a los presentados en la zona de estudio; demuestra que la humedad relativa de la zona sombreada aumenta de $3,9 \pm 0,4$ % con respecto a la zona no sombreada.

5.2.4. Velocidad del viento.

En la zona cafetalera de Chaguarpamba – Olmedo la velocidad del viento interna en promedio fue de $0,3 \text{ m s}^{-1}$, la velocidad del viento dentro del sistema agroforestal de café se redujo en promedio $0,4 \text{ m s}^{-1}$; esta diferencia presentadas coinciden con Pezzopane *et al.* (2007) donde indican que la reducción en la velocidad del viento durante los meses del año oscila entre 21 y 79 % en relación con el pleno sol; es decir, un promedio de $0,49 \text{ m s}^{-1}$ de diferencia.

5.2.5. Correlaciones entre las variables microclimáticas.

En la zona de estudio el porcentaje de sombra con las variables de temperatura del aire y la velocidad del viento existió una correlación baja

negativa, lo cual indica que existe una relación inversamente proporcional al aumentar una la otra disminuye; en cuanto a la humedad relativa indica que existe una correlación moderada positiva, la misma que se relacionan de manera directa ya que al aumentar una la otra también aumenta.

Según Farrel y Altieri (2014) el microclima se halla influenciado por los árboles presentes en el sistema ya que moderan los cambios de temperatura, dando como resultado temperaturas máximas más bajas y mínimas más altas bajo los árboles; además, se puede encontrar mayor humedad relativa bajo los árboles en comparación con los sitios abiertos. De esta manera Pezzopane *et al.* (2007) lo ratifica que con presencia de árboles en SAF-café existen reducción en la temperatura del aire y la velocidad del viento, mientras que la humedad relativa incrementa al mismo tiempo que aumenta el porcentaje de sombra.

6. CONCLUSIONES

- En los sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* L) de la zona cafetalera Chaguarpamba – Olmedo se encontró sistemas de policultivos muy diversos de hasta 29 especies de hierbas, arbustos y árboles de sombra.
- En esta zona de manera general la vegetación arbórea y arbustiva de sombra fue representada por un 76 % de especies árboles, 14 % de arbustos y 10 % de hierbas; es decir, que cada finca mantiene una diversidad de especies distinta.
- Las especies con mayor índice de valor de importancia en su orden de estudio fueron: *Musa paradisiaca* L, seguida de *Inga edulis* Mill, *Cuparia sineria* Poepp y *Erythrina* sp.
- En la zona cafetalera de Chaguarpamba – Olmedo se presentó un porcentaje promedio de sombra 53 %, en un rango de 21 % a 74 %, lo que indica que hay una amplia diferencia y no existe uniformidad entre los sitios.
- La temperatura del aire y velocidad del viento externos fueron mayores a los internos en los tres sitios, obteniendo una diferencia promedio de 0,9 °C y 0,4 m^{s-1} respectivamente; mientras que la humedad relativa fue mayor dentro de SAF con una diferencia promedio de 5,8 %.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones del comportamiento fisiológico del cafeto frente a los sistemas agroforestales de café que presenta la zona Chaguarpamba – Olmedo.
- Realizar estudios de la producción y calidad del cafeto con los sistemas agroforestales de café que presenta la zona Chaguarpamba – Olmedo.

8. REFERENCIAS

- Aguilar, F., Morales, Y., y Godínez J. (2015). Caracterización del sistema agroforestal de café orgánico bajo sombra en los municipios de Las Margaritas y La Independencia, Chiapas, México. *Cadernos de Agroecología*, 10 (3).
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 82 pp.
- Aguirre, Z., y Aguirre C. (2014). Especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas semiáridas del sur del Ecuador. *Revista Bosque Latitud Cero*, 21-30. Recuperado de: <https://docplayer.es/1150015-Especies-lenosas-y-cultivos-objetivos-para-sistemas-agroforestales-en-zonas-semiaridas-del-sur-del-ecuador.html>
- Alvarado, V. (2017). Análisis de correspondencia en la diversidad florística de agroecosistemas cafetaleros en la selva central del Perú. *Bosques Latitud Cero*, 7(2), 8-21.
- Araújo, A., Partelli F., Oliosí G., y Macedo J. (2016). Microclimate, development and productivity of robusta coffee shaded by rubber trees and at full sun. *Revista Ciencia Agronómica*, 47(4); 700-709. doi: 10.5935/1806-6690.20160084
- Arcila, P., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L., e Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná, Colombia: Cenicafé, 309 p.

- Banco Central del Ecuador. (2017). *Reporte de Coyuntura Sector Agropecuario*. No. 89 - IV- 16. ISSN: 1390-0579. Consultado 16 de junio del 2018. Disponible en: <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201604.pdf>
- Bliska, F., Nogueira, P., Bliska, A., y Carvalho, D. (2013). Impacts of Coffee Production in Agroforestry System for Sustainable Development. *Journal of Agricultural Science and Technology B*, 3, 535-544.
- Canet, G., Soto, C., Ocampo, P., Rivera, J., Navarro, A., Guatemala, G., y Villanueva S. (2016). *La Situación y tendencias de la producción de café en América Latina y el Caribe*. Costa Rica. IICA/CIATEJ.
- Centro de Investigaciones de café, CICAPE. (2011). Guía técnica para el cultivo de café. 1ra Ed. Heredia – Costa Rica. ICAFE – CICAPE. 72p.
- Cuzato, M., Peres, R., y Perdoná, M. (2013). Produção de café sombreado. *Colloquium Agrariae*, 9(1), 31 – 43.
- Ehrenbergerová, L., Šenfěldr, M., y Habrová, H. (2017). Impact of tree shading on the microclimate of a coffee plantation: a case study from the Peruvian Amazon. *Bois et forêts d es tropiques*, 4(334), 13 – 22.
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria. ESPAC. (2017). Consultado el 12 de junio del 2018. Recuperado en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf

- Enríquez, G., y Duicela, L. (2014). *Guía técnica para la producción y poscosecha del café arábigo*. Manta, Ecuador. Consejo cafetero nacional (Cofenac) y Solubles Instantáneas C.A. (SICA)
- Escamilla, E., Ruiz, O., Díaz., Landeros, C., Platas, D.E., Zamarripa, A., y González V.A. (2005). El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (76), 5 – 16.
- Espinoza, E., Hernández, V., Pérez, A., y Acosta, C. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *SciELO*, 26(1), 1-17.
- Farfán, F. (2007). Producción de café en sistemas agroforestales. En: Arcila, J., Farfán F., Moreno A., Salazar L. e Hincapié E. 2007. *Sistemas de producción de café en Colombia*. 1ra Edición. Editorial de Cenicafé y Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, pp. 161 - 200. Chinchiná, Colombia.
- Farfán, F. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*. Colombia. FNC-Cenicafé. 342 p.
- Farrel, J. y Altieri M. (2014). *Sistemas Agroforestales*. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. [En línea]. Consultado el 30 de julio del 2018. Recuperado de: http://socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemasagroforestales_m.a._altieri.pdf
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC) y Cenicafé. (2013). *Manual Cafetero Colombiano*. Tomo 2. Colombia. CNF – Cenicafé. En

línea. Consultado el 20 de julio del 2018. Recuperado de:
<https://drive.google.com/file/d/0B6bGYMpRwvFyeFhWMDRrZzIwNmM/view>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2010). *Café de Colombia*. El árbol y su entorno. En línea. Consultado el 29 de julio del 2018. Recuperado de:
http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno/

Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la parroquia La Tingue. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia La Tingue. 2015 -2019.

Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la parroquia Santa Rufina. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Santa Rufina. 2015 -2020.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GAD) del Cantón Chaguarpamba. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de Chaguarpamba 2015 -2019.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Olmedo. (2014). Plan de Ordenamiento Territorial de Olmedo 2014.

González, M., González, S., Álvarez, R., y López, L. (2007). *Árboles y Arbustos de los Parques y Jardines del Norte-Centro de México (Guía de Identificación)*. México: CIIDIR Unidad Durango.

Herrón, A. (2013). Producción de café en zonas no tradicionales. Medellín – Colombia. AherO Estudios Técnicos Agrícolas S.A.S. 32 p. Consultado

el 30 de julio del 2018. Recuperado de:
<http://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Zonas-no-tradicionales-antonio-Herron.pdf>

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. Recuperado de:
https://hivos.org/sites/default/files/cafe_en_sistemas_agroforestales_ci-uu-version_espanola_de_shade_grown_coffee_report.pdf

Leiva, E. (2011). *Efectos del marco político y legislativo en el aprovechamiento de la madera de sistemas agroforestales del Municipio de El Cuá, Nicaragua* (tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Escuela de Posgrado. Costa Rica.

Long, N., Ngoc, N., Dung, N., Kristiansen, P., Yunusa I., y Fyfe C. (2015). The Effects of Shade Tree Types on Light Variation and Robusta Coffee Production in Vietnam. *Engineering*, 7; 742-753. doi: 10.4236/eng.2015.711065

López, A. (2011). *Modelo de gestión productiva para el cultivo de café (Coffea arabica L.) en el sur de Ecuador*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España. Recuperado de:
http://oa.upm.es/9985/2/ALICIA_ALARCO_LOPEZ.pdf

López, M., y Rocha, L. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Recuperado de:
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/1_RENF08M538.pdf

- Maldonado, R., Rodríguez, G., Enríquez, J., Carrillo, J., y Pérez M. (2014). Efecto de la cobertura arbórea en sistemas de café orgánico en el Sur de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 1(1); 12 – 19.
- Maldonado, S., Herrera, C., Gaona, T., y Aguirre, Z. (2018). Estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo en Palanda, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(2), 615 - 630. doi: 10.22497/arnaldoa.252.25216
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). *Programa de Reactivación Cafetalera del Ecuador y el Programa de Reactivación del Sector Cacaotero Ecuatoriano*. Consultado el 12 de julio del 2018. Recuperado de: <https://www.agricultura.gob.ec/cafe-cacao/>
- Molla, A. (2015). Effect of Tree Shade on Coffee Crop Production. *Journal of Sustainable Development*, 8 (9), 66 – 70. doi:10.5539/jsd.v8n9p66
- Monteros, A. (2016). Rendimientos de café grano seco en el Ecuador 2016. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito. Ecuador. Recuperado de: http://sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_cafe_grano_seco2016.pdf
- Muñoz, J., Erazo, S., y Armijos D. (2014). Composición florística y estructura del bosque seco de la quinta experimental “El Chilco” en el suroccidente del Ecuador. *Revista Cedamaz*, 4(1), 53 – 61.
- Ocampo, O., y Álvarez L. (2017). Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *Apuntes CENES*, (36)64, 139 -165.
- Oficina Nacional Forestal de Costa Rica. (2013). *Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles*

forestales maderables. Costa Rica. 33p. Recuperado de:
http://onfcr.org/media/uploads/documents/guia_saf_onf_para_web.pdf

Ordoñez, Z., y Montoya, B. (2017). EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE *Coffea arábica* VARIEDAD CASTILLO Y CATURRA EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN (sol y sombra); EN LA HACIENDA LOS NARANJOS, VEREDA LA VENTA (CAJIBIO-CAUCA). *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 29, 58-66.

Pezzopane, J., Pedro, Jr M., y Gallo, P. (2007). Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(3), 256–264.

Pinta, F., 2015. Sistemas Agroforestales. Potencialidades para el caso del Ecuador. *Revista revela*. Ecuador. [En línea]. Consultado el 30 de julio del 2018. Recuperado de: <http://revistarevela.com/sistemas-agroforestales-potencialidades-para-el-caso-del-ecuador/>

Prefectura de Loja. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja 2015 – 2025.

Ramírez, E., y Calvo, J. (2003). Caracterización de los sistemas agroforestales con café en el Área de Amortiguamiento de la Reserva de Biosfera La Amistad, Pejibaye de Jiménez, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10, 37- 38. Recuperado de:
http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5865/Caracterizacion_de_los_sistema_agroforestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Reyes, E. (2013). Tipos de climas y microclimas. Fundamentos científicos. Consultado el 30 de julio del 2018. Recuperado de: <https://reyesrodriguez.files.wordpress.com/2013/06/tipos-de-climas.pdf>
- Sánchez, S., Mendoza, A., y García, R. (2017). Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40); 7-17.
- Sarango, T. (2018). *Caracterización de la vegetación y el microclima en sistemas agroforestales de café (Coffea arabica L.) en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba-Olmedo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Secretaría Nacional de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México. (2017). *Panorama Internacional café*. En línea. Consultado el 16 de junio del 2018. Recuperado de: https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/09/Panorama_Internaciona_Caf%C3%A9_2017.pdf
- Topographic-map. (2018). Coordenadas geográficas del cantón Olmedo y Chaguarpamba. (En línea). Consultado el 04 de agosto del 2018. Recuperado de: <http://es-ec.topographic-map.com/places/areas/Loja-6896687/1/>
- Villavicencio, L. (2012). Caracterización agroforestal en sistemas de café tradicional y rústico, en San Miguel, Veracruz, México. *Revista*

Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 67 – 80. doi:
10.5154/r.rchscfa.2010.08.051

Wabo, E. (2002). *Medición de Diámetros, Alturas y Edad del Árbol*.
Universidad Nacional de la Plata.

World Coffee Research. (2017). *El futuro del café. Reporte anual 2016*.
Consultado el 1 de julio del 2018. Recuperado de:
https://worldcoffeeresearch.org/media/documents/WCR_Annual_Report_2016_es.pdf

Zapata, P. (2019). Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café de tres municipios de Cundinamarca, Colombia. *Ciencia Florestal*, 29(2), 1-13. doi: 10.5902/1980509827037

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*, 20(1), 61–70.

Anexo 2. Encuesta dirigida a los productores de la zona cafetalera Chaguarpamba – Olmedo.

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

Proyecto: Efecto de la sombra y la densidad poblacional en el desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) en sistemas agroforestales en tres localidades de Loja.

Proyecto de tesis: Caracterización de la vegetación y el microclima en Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L.) en la época seca en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba- Olmedo”

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

Id _____

1) Información sobre Productor y Producción de café

Fecha: _____ Sitio: _____ Coordenadas: _____

Productor: _____ Edad: _____ Cabeza de familia: Hombre Mujer

Distancia de la finca a la ciudad: _____

¿Cuánto tiempo lleva produciendo café, años?: _____

¿Viene de una familia de productores de café? SI NO

¿Cuánto tiempo lo han producido?: _____ Área total de la propiedad (ha) _____

Finca: Propia ___ Arrendada ___ Otro _____

2) Producción en los últimos cinco años

	2019	2018	2017	2016	2015
Áreas cultivadas con café (ha)					
N° de parcelas y la edad de plantación					
Producción (qq ha-1)					
Precio del café (\$ qq-1)					
Producción afectada, si o no, ¿por qué?					

2.1. Gráfico de su finca

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

Proyecto: Efecto de la sombra y la densidad poblacional en el desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) en sistemas agroforestales en tres localidades de Loja.

Proyecto de tesis: Caracterización de la vegetación y el microclima en Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L) en la época seca en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba- Olmedo”

2.2. Variedades de café cultivadas actualmente

i Marca con X, ii. Si, no, Cuales. iii. Si, no, Cuales. iv. 1-baja, 2-media, 3-alta. v. Sí, no, cada que tiempo. vi. 1-regalada, 2-comprada, 3-otro. vii. 1-Resistencia a pestes, 2-mayor productividad, 3-tradición, 4-otro.

Variedad Arábica (A) Híbrida (H)	i Cultivo actual	ii Aplica fertilizantes orga /inorg	iii Aplica pesticidas orga /inorg	iv Resistencia a roya	v Poda del cafetal	vi ¿Por qué mantiene esta variedad?	vii ¿Cómo obtuvo la semilla?

2.3. (Si fueron compradas) ¿Cómo logro comprar las plantas?

Crédito ___ Préstamo familiar/amigo ___ Dinero enviado del extranjero ___ Ahorros ___
 Otro ___

2.4. ¿Qué otro tipo de gasto adicional requiere su cafetal?

Fertilización ___ Labores de limpieza ___ Labores sanitarias ___ Otro _____

2.5. ¿cómo financia esto?

Crédito ___ Préstamo familiar/amigo ___ Dinero enviado del extranjero ___ Ahorros ___
 Otro ___

2.6. ¿cómo comparan las variedades mejoradas con las que usted tenía antes?

2.7. Si NO tiene variedades mejoradas, ¿por qué no las tiene?

Falta de conocimiento al respecto ___ Falta de Recursos _____

Otra información _____

2.8. En alguno de estos años, ¿dejó de lado la producción de café?

___ Bajo precio del café, ___ Inmigración, ___ Costo mano de obra, ___ Plagas
 ___ Baja productividad/rendimiento, ___ Otro _____

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

Proyecto: Efecto de la sombra y la densidad poblacional en el desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) en sistemas agroforestales en tres localidades de Loja.

Proyecto de tesis: Caracterización de la vegetación y el microclima en Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L.) en la época seca en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba- Olmedo⁷

2.9. ¿Ha raíz de la roya, ha diversificado la producción de su finca con otros cultivos o producción de animales? Sí ___ No ___

¿Con que productos ha diversificado?

	Plátano	Aguacate	Guayabo				
Area (ha)							
Rendimiento							
Usos (%)							
Autoconsumo							
Mercado							

Asociaciones y Certificaciones

2.10. ¿Cómo financia esto?

Crédito ___ Préstamo familiar/amigo ___ Dinero enviado del extranjero ___ Ahorros ___
 Otro ___

2.11. ¿Cómo comercializa su café, que tipo de café vende, pertenece a alguna asociación?

i. 1-Mediante una asociación, 2-Vende su café directamente a los comerciantes, 3-Mediadores

ii. Café natural, lavado; iii. \$; iv. Sí, No, cual; v. Certificaciones, Mejores precios del café, Acceso a capacitación, Acceso a créditos, Semillas, Otro; vi. Sí, No

vii. las prácticas de manejo, o las nuevas variedades, están cambiando su estatus de certificación, sin riesgo, con riesgo

	2019	2018	2017	2016	2015
i Comercio de café					
ii Tipo					
iii Quintales (\$)					
iv Asociación					
v Beneficios					
vi Certificación orgánica					
vii Estado de certificación					

3) Manejo de plagas y enfermedades

3.1. Plagas en la finca: Cuál ha sido el porcentaje de infección de las plantas. En una escala del 1 al 5, siendo 1 leve y 5 muy grave representando muchas pérdidas en productividad, ¿Cuán grave ha sido?

1. Leve, no pérdidas, 2. Pocas plantas infestadas, sin pérdidas, 3. Varias plantas infestadas, pocas pérdidas, 4. Varias plantas infestadas, muchas pérdidas, 5. Grave, pérdida total

Plaga / Enfermedad	2019	2018	2017	2016	2015
Roya (plantas/ha)					

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

Proyecto: Efecto de la sombra y la densidad poblacional en el desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) en sistemas agroforestales en tres localidades de Loja.

Proyecto de tesis: Caracterización de la vegetación y el microclima en Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L.) en la época seca en tres pisos altitudinales en la zona cafetalera Chaguarpamba- Olmedo”

Broca (plantas/ha)					
Ojo de gallo (plantas/ha)					
Roya (plantas/ha)					
Otro					

3.2. ¿A que le atribuye el nivel de infección de la Roya?

___ Nivel de sombra ___ Cantidad de árboles ___ Variaciones climáticas ___ Variedad de las plantas ___ Edad de las plantas ___ Otros:

3.3. ¿Cuáles son sus planes a futuro con respecto al sistema con el que está manejando el café?

___ Probar nuevas variedades de café. ___ Diversificar la producción. ¿con qué productos? _____, ___ Abandonar la producción de café. ___ Otros:

4) Diversidad y uso de árboles en los cafetales

4.1. En su cafetal ¿qué árboles tiene, ¿cuáles son sus usos?

Usos / Especies	Madera	Protección del viento	Provisión de alimentos	Materia orgánica	Sombra	Otros

4.2. En cuanto al manejo de los árboles:

¿Ha habido un cambio en el uso de árboles a través del tiempo para controlar las plagas y enfermedades? ¿Cómo?

	2019	2018	2017	2016	2015
Talas					
Cambio de árboles					
Poda					
Raleo					
Manejo de sombra (%)					

Anexo 3. Formato de las variables microclimáticas externas e internas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables
 Carrera De Ingeniería Agronómica

**Datos microclimáticos de los Sistemas Agroforestales de café en la zona cafetalera
 Chaguarpamba- Olmedo.**

Lugar:		Altitud:
Área:	Parcela:	Fecha:

DATOS EXTERNOS						
N° Parcela	Muestra	Hora	HR (%)	Temperatura (°C)	Viento (m s⁻¹)	Luz (Lux)
1	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
2	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
3	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					

Anexo 4. Cuadro resumen de las medias de las variables climáticas en SAF-café.

Sitio	Altitud (msnm)	Coordenadas geográficas	Fecha	INTERNOS				EXTERNOS				DIFERENCIA			
				HR (%)	Temp (°C)	Viento (s/m)	Luz (Lux)	HR (%)	Temp (°C)	Viento (s/m)	Luz (Lux)	Sombra (%)	HR (%)	Temp (°C)	Viento (s/m)
Lobongo	1 700	3° 55' 42" S 79° 34' 39" W	Primera	70,6	24,4	0,3	14929,7	69,5	24,0	0,9	27650,0	44,6	1,1	0,5	-0,6
Lobongo	1 700	3° 55' 42" S 79° 34' 39" W	Segunda	55,0	26,2	0,4	16896,7	50,9	27,9	1,0	61810,0	71,7	5,0	-1,7	-0,5
Lobongo	1 700	3° 55' 42" S 79° 34' 39" W	Tercera	77,9	21,2	0,2	7250,2	67,1	23,5	0,3	16186,3	56,4	12,2	-2,3	-0,1
Lobongo	1 700	3° 55' 42" S 79° 34' 39" W	Cuarta	87,7	17,4	0,2	5623,5	84,5	18,8	0,7	14137,7	59,3	3,2	-1,4	-0,5
Lobongo	1 700	3° 55' 42" S 79° 34' 39" W	Quinta	91,4	16,5	0,0	3475,9	88,5	17,9	0,0	10475,9	62,6	3,0	-1,4	0,0
Lobongo	1 700	3° 55' 42" S 79° 34' 39" W	Sexta	71,3	23,5	0,1	12754,2	68,8	25,7	0,4	41550,0	68,1	2,5	-2,2	-0,3
		PROMEDIO		75,6	21,5	0,2	10155,0	71,5	23,0	0,5	28635,0	60,5	4,5	-1,4	-0,3
Chaguarpamba	1 490	3° 53' 05" S 79° 39' 02" W	Primera	50,3	31,9	0,5	76530,0	50,9	29,7	0,9	97026,7	20,1	-0,6	2,2	-0,4
Chaguarpamba	1 490	3° 53' 05" S 79° 39' 02" W	Segunda	80,6	20,9	0,9	5630,8	78,4	21,3	1,6	10926,0	32,0	4,0	-0,4	-0,7
Chaguarpamba	1 490	3° 53' 05" S 79° 39' 02" W	Tercera	70,6	23,7	0,8	19366,7	56,0	24,6	1,4	30425,7	35,5	15,6	-0,9	-0,6
Chaguarpamba	1 490	3° 53' 05" S 79° 39' 02" W	Cuarta	86,5	18,8	0,2	12510,7	85,3	19,7	0,7	18918,7	32,8	1,2	-0,9	-0,5
Chaguarpamba	1 490	3° 53' 05" S 79° 39' 02" W	Quinta	92,3	19,4	0,3	3901,1	88,6	20,0	0,5	6072,7	35,4	3,7	-0,6	-0,2
Chaguarpamba	1 490	3° 53' 05" S 79° 39' 02" W	Sexta	83,5	22,7	0,5	11817,7	76,7	24,3	0,8	16638,1	24,6	6,8	-1,6	-0,3
		PROMEDIO		77,3	22,9	0,5	21626,2	72,6	23,3	1,0	30001,3	30,0	5,1	-0,4	-0,4
Lozumbe	850	3° 51' 08" S 79° 44' 27" W	Primera	60,2	28,9	0,3	60851,0	47,7	30,0	0,9	98150,0	39,1	12,5	-1,1	-0,6
Lozumbe	850	3° 51' 08" S 79° 44' 27" W	Segunda	85,9	20,8	0,1	3083,1	85,9	20,4	0,1	11146,0	72,8	2,1	0,5	0,0
Lozumbe	850	3° 51' 08" S 79° 44' 27" W	Tercera	74,3	26,5	0,1	12632,8	64,1	28,7	0,6	38216,7	66,2	10,2	-2,2	-0,4
Lozumbe	850	3° 51' 08" S 79° 44' 27" W	Cuarta	87,8	20,6	0,0	5035,7	83,3	20,4	0,3	23456,0	76,1	4,5	0,2	-0,3
Lozumbe	850	3° 51' 08" S 79° 44' 27" W	Quinta	76,0	27,3	0,1	8405,9	63,7	29,4	0,5	38626,7	76,1	12,3	-2,0	-0,5
Lozumbe	850	3° 51' 08" S 79° 44' 27" W	Sexta	70,2	29,8	0,1	14229,9	64,3	31,0	0,7	65832,6	72,1	5,9	-1,2	-0,6
		PROMEDIO		75,7	25,7	0,1	17373,1	68,2	26,6	0,5	45904,7	67,1	7,9	-1,0	-0,4

Anexo 5. Escala de interpretación de Pearson.

El valor de todos estos estadísticos se encuentra siempre entre -1 y + 1. En cambio, si r se aproxima a 0 se concluye que no hay correlación lineal significativa entre x y y .

Rango (r)	Interpretación
1	Correlación perfecta positiva
0,8 a 0,99	Muy alta positiva
0,6 a 0,79	Alta positiva
0,4 a 0,59	Moderada positiva
0,2 a 0,39	Baja positiva
0 a 0,19	Muy baja positiva
0	Nula
-0,1 a -0,19	Muy baja negativa
-0,2 a -0,39	Baja negativa
-0,4 a -0,59	Moderada negativa
-0,6 a -0,79	Alta negativa
-0,8 a -0,99	Muy alta negativa
-1	Correlación perfecta negativa

Fuente: Jiménez D., 2017

Anexo 6. Fotografías de las fincas cafetaleras evaluadas en la zona Chaguarpamba – Olmedo.



Registro de datos microclimáticos del Sistema Agroforestal de café en el sitio Lozumbe del cantón Chaguarpamba.



Caracterización arbórea y arbustiva de sombra en el Sistema Agroforestal de café en el sitio Chaguarpamba.



Registro de datos microclimáticos en el Sistema Agroforestal de café en el sitio Lobongo del cantón Olmedo.