

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL CAFETAL DE LOS
LOTES CUATRO Y CINCO, EN FINCA LÉRIDA, ALTO QUIEL,
DISTRITO DE BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

DANIELA ESTHER GUTIÉRREZ PITTI
4-772-874

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2017

**CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL CAFETAL DE LOS
LOTES CUATRO Y CINCO, EN FINCA LÉRIDA, ALTO QUIEL,
DISTRITO DE BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERÍA EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O
PARCIAL DEBE SER OBTENIDO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

APROBADO:

PROFA. MSc. FELÍCITA GONZÁLEZ

DIRECTORA

PROF. MSc. ALEXIS SAMUDIO

ASESOR

PROF. MSc. JOSÉ PINEDA

ASESOR

**DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

2017

AGRADECIMIENTO

Principalmente le doy gracias a DIOS, por darme la vida, la fortaleza, la sabiduría y ser mi guía en todo momento para culminar una meta más en esta etapa de mi vida.

A mis padres, abuelos y a mi hermano, quienes me han brindado su apoyo incondicionalmente y siempre me han animado para salir adelante cada día; a pesar de las diferentes dificultades que se puedan presentar en la vida.

A Guillermo Camargo, por ser esa persona especial que de una u otra forma me ha brindado su cariño, comprensión, ayuda y apoyo en todo momento.

A mi asesora principal, la profesora Felícita González, por brindarme su ayuda, su valioso tiempo, orientación y correcciones desde el primer día en que inicie el desarrollo de esta investigación.

A mis profesores asesores, Alexis Samudio y José Pineda, por sus valiosos aportes, comentarios y sugerencias en la preparación de esta investigación.

A los encargados de la Finca Lérica, por permitirme llevar a cabo el desarrollo de esta investigación, brindarme su colaboración y amable disposición.

A mis compañeros, Reynel Pinto y Stephanie Morales, por todos esos momentos que compartimos de diversión, risa y de trabajo en grupo que nunca olvidare.

A todos los profesores que me brindaron sus conocimientos durante mis años de estudio universitario.

Muchas Gracias a todos...

Daniela Gutiérrez

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y éxito principalmente a Dios, redentor y creador de todas las maravillas de este mundo.

A mi padre Isaac Gutiérrez, por ser ese hombre luchador y trabajador que me ha brindado todo su apoyo y cariño durante mi vida.

A mi madre Lilia Pitti, por ser mi consejera, amiga y siempre estar a mi lado en los momentos que más la he necesitado.

A mis abuelos Lilia Acosta y Ovidio Pitti, por brindarme su amor, cariño, apoyo y siempre animarme a seguir adelante.

A mi hermano José Gutiérrez, por ser esa personita que llegó para llenarme la vida de alegría.

A Guillermo Camargo, por siempre apoyarme y contar con él en momentos difíciles.

A todo mis familiares y amistades más cercanas por su apoyo.

Daniela Gutiérrez

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL CAFETAL DE LOS LOTES CUATRO Y CINCO, EN FINCA LÉRIDA, ALTO QUIEL, DISTRITO DE BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.

Gutiérrez, D. 2017. Características de la estructura del cafetal de los lotes cuatro y cinco, en Finca Lérída, Alto Quiel, Distrito de Boquete, Provincia de Chiriquí. Tesis Ing. En Manejo de Cuencas y Ambiente. Chiriquí, Panamá. Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias.74p.

RESUMEN

Se establecieron dos parcelas de muestreo con sombra en Finca Lérída, Alto Quiel, Boquete, Provincia de Chiriquí, evaluando variables como: clima, estructura de la vegetación arbórea, diversidad de especies de árboles en un rango de 15 a 40 centímetros de diámetro, radiación fotosintéticamente activa (RFA) y fertilidad de suelo. Las especies arbóreas que se encontraban dentro del rango establecido se les evaluó: altura total, área basal y el diámetro de las copas. Se escogieron 30 plantas de café por parcela, a cada planta se le midió el diámetro a cinco centímetros al nivel del suelo, altura total, número de bandolas y número de granos. A la vez se analizaron las condiciones climáticas de temperatura, precipitación y humedad relativa. El porcentaje de sombra se obtuvo mediante el método de Werner (2009), utilizando el densiómetro cóncavo (Modelo-C), la radiación fotosintéticamente activa (RFA) se obtuvo con el medidor Quantum meter (models Mq-200). En el lote cuatro se identificaron 25 individuos de *Inga vera* (guabo), con una altura total promedio de 17.06 metros, área basal promedio de 0.06 metros cuadrados por hectárea, el diámetro de copa de 6.25 a 12.80 metros; igual cuatro especies arbóreas de *Cytherexylum recurvatum* (palomo), la altura total promedio de 14.75 metros, área basal promedio de 0.03 metros cuadrados por hectárea, el diámetro de copa de 4.20 a 8.80 metros. En el lote cinco se registraron 30 individuos de *Inga vera*; con altura total promedio de 14.13 metros, área basal promedio de 0.04 metros cuadrados por hectárea y diámetro de copa de 6.80 a 12.60 metros. El porcentaje de sombra en el lote cuatro fue de 28.90 por ciento y en el lote cinco de 68.90 por ciento. Las variables climáticas tales como: temperatura promedio, en marzo fue de 20.50 grados centígrados y en mayo de 21.10 grados centígrados, la precipitación promedio en marzo fue de 36.70 milímetros y en junio de 317.20 milímetros y la humedad relativa en marzo fue de 80.90 por ciento y en junio de 87.60 por ciento. La radiación fotosintéticamente osciló entre 865.00 a 992.50 nanómetros para ambos lotes. La producción total de café fue de 8,345.26 kg ha⁻¹ de café en cereza.

PALABRAS CLAVES: Estructura del cafetal, café con sombra, agroforestería, RFA, área basal, dap.

CHARACTERISTICS OF THE COFFEE PLANTATION STRUCTURE OF LOTS FOUR AND FIVE, IN LERIDA FARM, ALTO QUIEL, DISTRICT OF BOQUETE, PROVINCE OF CHIRIQUI.

Gutiérrez, D. 2017. Characteristics of the coffee plantation structure of lots four and five, in Lerida Farm. Alto Quiel, District of Boquete, Province of Chiriqui. Thesis Ing. Watershed management and Environment. Chiriqui, Panama. University of Panama. Faculty of Agricultural Sciences.74p.

ABSTRACT

Two shady sampling plots were established on Lerida Farm, Alto Quiel, Boquete, Province of Chiriqui, evaluating variables such as: weather, structure of the tree vegetation, diversity of tree species in a range of 15 to 20 ó 40 centimeters in diameter, active photosynthetic radiation (RFA) and soil fertility. Tree species that were close to the established range were evaluated by: Total height, basal area and the diameter of the canopy. 30 plants of coffee were chosen per plot, each plant was measured the diameter of five centimeters at ground level, total height, number of bands and number of grains. At the same time were analyzed the climatic conditions of temperatures, precipitation and relative humidity. The percentage of shade was obtained by the method Wemer (2009), using the concave densitometer (Model-C) the active photosynthetic radiation (RFA) was obtained with the meter Quantun meter (Models Mq-200). In lot four were identified 25 individuals of *Inga vera* (guabo), with an average total height of 17.06 meters, average basal area of 0.06 square meters per hectare, the diameter of copade 6.25 to 12.80 meters; equal four tree species of *Cytherexylum recurvatum* (palomo), the total average height of 14.75 meters, average basal area of 0.03 square meters per hectare, the canopy diameter of 4.20 to 8.80 meters. In lot five were registered 30 individuals of *Inga vera*; with average total height of 14.13 meters, average basal area of 0.04 square meters per hectare and canopy diameter of 6.80 to 12.60 meters. The percentage of shade in lot four was 28.90 percent and in lot five of 68.90 percent. Climatic variables such as: average temperature in march was 20.50 degrees Celsius and in may 21.10 degrees Celsius, the average rainfall in march was 36.70 millimeters and in june was 317.20 millimeters and the relative humidity in march was 80.90 percent and in june of 87.60 percent. The radiation photosynthetically oscillate between 865.00 and 992.50 nanometers for both batches. The total production of coffee was 8,345.26 kg ha⁻¹ of coffee in cherry.

KEYWORDS: Structure of coffee, shade coffee, agroforestry, RFA, basal area, dap.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁG.
PÁGINA DE APROBACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Antecedentes.....	3
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos	7
1.5 Hipótesis de la investigación	8
1.6 Alcances Y limitaciones	8
2. REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1 Sistema Agroforestal (SAF)	9
2.2 Estructura de la vegetación arbórea	10
2.3 Café con sombra.....	11
2.4 El sombreado en café	12
2.5 Tipo de sombra	14
2.5.1 Sombra temporal o provisional	14
2.5.2 Sombra semipermanente o intermedia	15
2.5.3 Sombra permanente	16

2.6	Importancia de la sombra para la producción de café.....	17
2.6.1	Ventajas.....	17
2.6.2	Desventajas.....	18
2.7	Descripción botánica del café.....	20
❖	Clasificación taxonómica del cultivo del café.....	20
❖	Algunas exigencias del cultivo de café.....	21
2.8	Densiómetro de Lemmon.....	23
2.9	Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA).....	23
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1	Características del área de estudio.....	26
3.1.1	Geología y suelos.....	27
3.1.2	Clima.....	28
3.1.3	Zona de vida.....	29
3.2	Metodología.....	29
3.2.1	Establecimiento de las parcelas de muestreo.....	29
3.2.2	Parámetros a evaluar.....	31
3.3	Parámetros evaluados.....	36
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	38
4.1	Estructura de la vegetación arbórea.....	41
4.1.1	Composición florística.....	41
4.1.2	Densidad de individuos por hectárea.....	42
4.1.3	Área basal promedio.....	43
4.1.4	Altura total promedio.....	45
4.1.5	Diámetro de copa.....	46
4.1.6	Porcentaje de sombra.....	49
4.2	Variables climáticas.....	53
4.2.1	Temperatura, precipitación y humedad relativa.....	53
4.3	Radiación fotosintéticamente activa (RFA).....	55
4.4	Relación de los componentes de producción del café versus la estructura del cafetal.....	56

5. CONCLUSIONES	58
6. RECOMENDACIONES	60
7. REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	61
8. ANEXO.....	70

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG.
I.	ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. BOQUETE.....	28
II.	PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS ESPECIES ARBÓREAS <i>Inga vera</i> y <i>Citharexylum recurvatum</i> . FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. BOQUETE.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		PÁG.
1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE BOQUETE.2016.....	26
2.	ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS EN LOS LOTES CUATRO Y CINCO. FINCA LÉRIDA, ALTO QUIEL, DISTRITO DE BOQUETE.....	30
3.	ESTIMACIÓN DE LA ALTURA TOTAL DE ESPECIES ARBÓREAS UTILIZANDO EL ALTÍMETRO HAGA.FINCA LÉRIDA. 2016.....	32
4.	ESTIMACIÓN DEL DIÁMETRO DE PLANTAS DE CAFÉ. FINCA LÉRIDA. 2016.....	33
5.	COSECHA Y CONTEO DE LOS GRANOS DE CAFÉ. FINCA LÉRIDA. 2016.....	34
6.	GEO-REFERENCIACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE SOMBRA CON DIÁMETROS DE 15-40 CM, LOTE CUATRO.....	39
7.	GEO-REFERENCIACIÓN DE LOS ÁRBOLES DE SOMBRA CON DIÁMETROS DE 15-40 CM, LOTE CINCO.....	40
8.	ESTRUCTURA HORIZONTAL DE LA SOMBRA, LOTE CUATRO.....	47
9.	ESTRUCTURA HORIZONTAL DE LA SOMBRA, LOTE CINCO.....	48
10.	PORCENTAJE DE ILUMINACIÓN Y SOMBRA CON EL DENSIÓMETRO ESFÉRICO CÓNCAVO (MODELO C), LOTE CUATRO.....	50
11.	PORCENTAJE DE ILUMINACIÓN Y SOMBRA CON EL DENSIÓMETRO ESFÉRICO CÓNCAVO (MODELO C), LOTE CINCO.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁG.
1.	VARIABLES DASOMÉTRICAS EN LAS ESPECIES ARBÓREAS. LOTE CUATRO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE BOQUETE. 2016.....	71
2.	VARIABLES DASOMÉTRICAS EN LAS ESPECIES ARBÓREAS. LOTE CINCO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE BOQUETE. 2016.....	72
3.	VARIABLES DASOMÉTRICAS Y DE RENDIMIENTO EN CAFETOS. LOTE CUATRO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE BOQUETE. 2016.....	73
4.	VARIABLES DASOMÉTRICAS Y DE RENDIMIENTO EN CAFETOS. LOTE CINCO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE BOQUETE.2016.....	74

1. INTRODUCCIÓN

El istmo de Panamá por su ubicación geográfica, cuenta con un clima tropical lluvioso. La altitud y la humedad son adecuadas para el desarrollo y el crecimiento del cultivo de café en casi todas las provincias. En tierras altas (superior a 900 metros sobre el nivel del mar), la especie *Coffea arábica* (Café arábica), es la que mejor se adapta; mientras que en tierras bajas (inferior a 900 metros sobre el nivel del mar) se cultiva mayormente la especie *Coffea canephora* (Café robusta).

La superficie bajo cultivo de café ocupa 21,865 hectáreas a nivel nacional, de las cuales casi 16,000 hectáreas pertenecen a la variedad arábica. La principal, por no decir única zona cafetalera del país, se concentra al oeste de Panamá, cerca de la frontera con Costa Rica. Se trata de la provincia de Chiriquí, en la que se encuentran tres áreas muy bien definidas de cultivo de café: Boquete, Volcán y Renacimiento. Todas ellas comparten como denominador común, además del café, su cercanía al Volcán Barú de 3,475 metros de altitud (Sans y Solá, 2003).

Comúnmente estas tierras poseen alturas superiores a los 1,100 metros, pudiendo llegar hasta los 1,800 metros de altura; son suelos de origen volcánicos y se caracterizan por pendientes muy pronunciadas. En Chiriquí se encuentran variedades de café como: Catimor, Catuaí, Caturra, Costa Rica, Criollo o Arábigo, Geisha, Mondo Novo, Robusta mejorado, entre otras. La finca Lérica se encuentra ubicada en el distrito de Boquete, posee una extensión de bosque de unas 260 hectáreas. Dentro de esta finca, se cultivan tres variedades de café, Caturra, Catuaí y Geisha, siendo este último un grano de altísima calidad.

En los últimos años nuestro país se ha visto afectado por variaciones climáticas, las cuales de una u otra forma han causado problemas en las plantaciones de café. Esto ha provocado el ataque de plagas que han afectado el proceso de la fotosíntesis y la toma de nutrimentos necesarios para las plantas, disminuyendo su floración y el desarrollo del grano.

Con base a esta situación los productores de café, han visto la necesidad de buscar nuevas alternativas para disminuir el ataque de las plagas y las pérdidas en la producción de café. Por lo tanto, la asociación de árboles utilizados como sombra en las plantaciones cafetaleras, permite conocer el potencial que puede ofrecer este sistema agroforestal (SAF). Considerando que las especies utilizadas para sombra, son de gran importancia para la conservación de la diversidad biológica, como refugio para la vida silvestre, conservación del suelo, fijación de nitrógeno, productividad del café y a la vez ofrecen productos secundarios para la economía del productor.

1.1 Planteamiento del problema

Según Girón (s.f), el origen del café arábigo se dio en los bosques tropicales de Etiopía, a altitudes mayores a los 1,599 metros, con temperaturas medias cerca de los 20° centígrados, lluvia bien distribuida variando de 1,600 a 2,000 milímetros anuales, con una estación seca de 3 a 4 meses. Es decir, que el café en su lugar de origen crece bajo sombra permanente, no está expuesto a temperaturas muy altas y pasa por un período de relativa sequía durante el año.

En las zonas cafetaleras de Chiriquí, se ha reconocido el uso de 11 especies maderables como lo son: Mamesillo (*Quercus spp*), Bambito (*Ocotea spp*), cedros (*Cedrela spp*), siguas (*Ocotea spp*) entre otros, según la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) (Plan de manejo del Parque Nacional Volcán Barú), Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2009).

Sin embargo no existe un manejo de estas especies maderables dentro de la estructura de los cafetales. El Plan Estratégico de café (2007-2013, MIDA), enfoca el uso de algunas especies arbóreas presentes en los cafetales, hacia otros beneficios ambientales como lo es la captura de carbono, no así en el efecto que produce la sombra sobre el rendimiento del grano y otras características organolépticas de este cultivo.

La ausencia de estudios e información, sobre las características de la estructura de la vegetación leñosa y su influencia en el rendimiento de café, motiva el planteamiento de esta investigación. Los parámetros evaluados en este estudio, brindarán beneficios económicos y ambientalmente al sector cafetalero de nuestra provincia.

1.2 Antecedentes

Según el Plan Estratégico de Café para Zonas Productoras de 1,000 metros sobre el nivel del mar en adelante 2007-2013, indica que la caficultura en Panamá data del tiempo de la colonia. En la década de los cuarenta, se estima existían en el país alrededor de 3, 803,000 cafetos, muy pocas plantaciones dispersas. A lo largo de los años, esta actividad fue creciendo en forma comercial.

La actividad cafetalera desarrollada en las tierras altas de la provincia de Chiriquí, se reporta su inicio a partir de 1894. Desde entonces se constituye una actividad de alto valor económico con aportes a la economía regional y nacional, siendo de gran importancia para el desarrollo de las comunidades aledañas a estas zonas (MIDA, 2011).

En la provincia de Chiriquí se desarrolla la actividad cafetalera con alta tecnificación, se registra el mejor índice de productividad y los mayores volúmenes para el mercado de exportación. Los distritos de mayor importancia cafetalera son Boquete, que reporta mayor producción a nivel nacional, en su orden Renacimiento, Bugaba y Hornito (MIDA, 2011).

Sans y Solá (2003), mencionan que el valle de Boquete es la cuna de la industria del café en Panamá. La mayor parte de los cafetales de esta zona están situados a unos 1,600 metros sobre el nivel del mar. Actualmente se calcula que en la zona de Boquete están activas entre 50 y 75 fincas cafetaleras y unos 15 beneficios.

Muchas de las zonas en las que se extienden los cultivos de café, son las zonas de amortiguamiento del parque nacional Volcán Barú. Hay investigaciones que demuestran cómo estos cafetales, sobre todo cuando son cafetales con sombra, conservan la biodiversidad de las zonas protegidas y sirven de corredor entre el parque y el resto de las fincas (Galante, 2009).

En una visión sobre la productividad; composición florística y estructura sobre este tipo de agro-ecosistemas cafetaleros, indican que la productividad y la biomasa en pie de estos agro-ecosistemas varía mucho de una región a otra, lo que depende en buena parte de las condiciones climáticas y edáficas del sitio, así como del manejo que se haga del sistema (Alpizar, 1988).

Alvarado y Rojas (1998), observaron diferencias notables en cuanto a la producción a favor del cultivo de café al sol con respecto al cultivo bajo sombra. Sin embargo, ellos no recomiendan la siembra de café a plena exposición solar cuando se cultiva bajo condiciones climáticas y de suelos adversas; en donde el cafeto requiere protegerse de los rayos del sol y disminuir la temperatura del suelo. Con la sombra se mantiene la humedad por mayor tiempo durante la estación seca y se incorpora materia orgánica al suelo.

1.3 Justificación

La producción de café en la provincia de Chiriquí ha sufrido un descenso considerable; por problemas de los altos costos de producción, así como la escasez de mano de obra y por las condiciones climáticas adversas. De igual forma se ha visto afectada por el ataque de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) que no ha podido ser controlada y continua poniendo en riesgo las cosechas cafetaleras.

El café es uno de los cultivos ideales para la producción agroforestal, tomando en cuenta que para su buen crecimiento, floración y fructificación se requiere de un microclima con sombra y suficiente humedad propiciada por especies forestales.

La influencia de la sombra en el cultivo de café, es de gran importancia para propiciar un microclima óptimo, el cual regula la cantidad de luz solar necesaria para el proceso de la fotosíntesis, en donde también se ven involucradas las condiciones de humedad y temperatura. La sombra es un factor fundamental, para la disminución en el crecimiento de malezas, ayuda a la nutrición del cafeto y disminuye la pérdida de agua en el suelo.

Según Noscue (2014), la adopción de cafetales con sombra, evita la exigencia tecnológica, es más fácil el manejo, requiere menos mano de obra externa y evita que los productores dependan de inversiones económicas y créditos para el cultivo. La razón es que se reduce la utilización de agroquímicos que estos sistemas permiten la supervivencia de controladores biológicos de plagas que ayudan a reducir problemas ambientales del café.

Es importante que en los sistemas de cultivo de café con sombra, se determine el porcentaje de sombra adecuado, el cual dependerá del sitio donde se encuentra ubicado el cafetal, de la radiación solar anual y de las necesidades del cultivo, ya que de esto depende la reducción o en el incremento de la producción de café, al momento de establecer el café con el asocio de árboles.

Uno de los elementos más significativos para la construcción de una sostenibilidad cafetalera son los árboles de asocio. Sea cual sea los rumbos tecnológicos no podríamos prescindir de estos, como base para un modelo productivo auténticamente sostenible. El objetivo de esta investigación es el de contribuir en el diseño de sistemas agroforestales (café con sombra), el manejo de la estructura

de la sombra con especies arbóreas nativas o introducidas para una producción sostenible.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar las características de la estructura del cafetal en los lotes cuatro y cinco en Finca Lérica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las especies arbóreas presentes, densidad de árboles de sombra, diámetro, área basal, altura y el diámetro de copas.
- Estimar en el cafeto el diámetro, altura total y número de bandolas.
- Relacionar las variables climáticas del sitio con el sistema de producción.
- Relacionar los componentes de producción del cafeto y la estructura del cafetal.
- Evaluar el porcentaje de sombra de las diferentes especies arbóreas.
- Evaluar la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en el sistema.

1.5 Hipótesis de la investigación

Hi: La estructura y composición florística es igual en los lotes cuatro y cinco en Finca Lérica, Boquete.

1.6 Alcances Y limitaciones

Alcances

Esta investigación está enfocada principalmente para las fincas cafetaleras que se encuentran situadas en tierras altas de la provincia de Chiriquí, para los grandes y pequeños productores, al igual investigadores y extensionistas, que puedan contar con información sobre el beneficio de la sombra en el cafetal.

Limitaciones

Las limitaciones para este estudio, podrían darse por la falta de metodologías existentes en Panamá para evaluar la estructura de un cafetal, error en la toma de datos al utilizar el densiómetro esférico cóncavo, ya que es un método subjetivo. Las características del sitio, la identificación de las especies arbóreas dentro de las parcelas y los factores climáticos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistema Agroforestal (SAF)

López (2007), define los sistemas agroforestales, como formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales, especies leñosas (árboles y arbustos), son utilizados en asociación deliberada con cultivos agrícolas y con animales, en un arreglo espacial (topológico) o cronológico (en el tiempo) en rotación con ambos. Existen interacciones ecológicas y económicas entre árboles y los otros componentes de manera simultánea o secuencial; que son compatibles con las condiciones socioculturales para mejorar las condiciones de vida de la región.

La agroforestería se puede considerar como la combinación multidisciplinaria de diversas técnicas ecológicamente viables (Palomeque, 2009), que implican el manejo de árboles o arbustos, cultivos alimenticios y/o animales en forma simultánea o secuencial, garantizando a largo plazo una productividad aceptable y aplicando prácticas de manejo compatibles con las habituales de la población local.

Al establecer un SAF se deben aplicar técnicas de manejo de uso del suelo, combinando árboles de usos múltiples y maderables con cultivos agrícolas perennes y/o producción animal en el mismo sistema, lo cual se logra utilizando un “arreglo” o secuencia temporal de cultivo, según las prioridades del productor Oficina Nacional Forestal (ONF, 2013).

2.2 Estructura de la vegetación arbórea

Para Barkman (1979), la estructura de la vegetación es el patrón espacial de distribución de las plantas y la caracterización de una agrupación vegetal de especies leñosas se llega a través de la definición de su ordenamiento vertical y horizontal.

El primer caso (ordenamiento vertical) consiste en la identificación de los estratos que presenta el grupo vegetal con la utilización básica del parámetro altura que en conjunto con cobertura permite un análisis complementario de la dominancia energética según la disposición vertical. El ordenamiento horizontal se analiza a través de la densidad, la abundancia, el diámetro altura del pecho (DAP) y la cobertura, entre otros (Rangel y Velázquez 1997).

Según Moguel y Toledo (1999), la clasificación de cafetales tradicionalmente se ha basado en el manejo tomando en cuenta la cantidad de insumos y labores, o la complejidad estructural como la altura del dosel, el número de estratos y la diversidad de especies de la vegetación utilizada para dar sombra.

Para Somarriba *et al.* (2004), estructuralmente distinguen diferentes tipos de plantaciones de café, clasificación basada en diferentes ejemplos de países de Mesoamérica, Asia y África; estos son: monocultivos a sol, plantaciones con sombra lateral, dosel de sombra mono-estratificada, dosel de sombra en dos estratos, policultivos multi-estratificados y plantaciones rústicas. Las plantaciones con sombra lateral se refieren a los árboles de sombra plantados en el borde del área de cultivo y caminos que protegen del viento y evitan la sombra excesiva. Las

plantaciones con dosel de sombra mono-estratificada presentan solo un estrato de sombra, típicamente, de una sola especie. Especies del género *Inga* y *Erythrina* son muy utilizados, así como especies maderables o se incluye un segundo cultivo como plátanos y cítricos. Estas especies de árboles también son utilizadas en las plantaciones con dosel de sombra en dos estratos, donde se observa un estrato conformado por árboles con regulación de sombra y otro estrato más alto con árboles maderables, por ejemplo, café-plátano-maderable. Las estructuras más complejas de esta clasificación corresponden a los policultivos multi-estratificados y las plantaciones rústicas. Los policultivos multi-estratificados incluyen tres o más especies y tres o cuatro estratos verticales, donde la sombra, puede ser de árboles introducidos, enriquecida con árboles frutales, maderables, y árboles nativos del bosque remanente.

2.3 Café con sombra

Según Muschler (1999), el sistema café con árboles consiste básicamente de dos componentes: los árboles son el componente grande y modificador, y los cafetos son el componente afectado por los árboles. Donde los factores ambientales coinciden con los requerimientos del café, se generan beneficios para la combinación café-árbol. Estos beneficios incluyen efectos positivos en la producción y calidad de café, así como ahorros financieros cuando permiten bajar el nivel de insumos necesarios. Este último punto es de gran importancia para el desarrollo de sistemas bajos o cero insumos como la producción de café orgánico.

El cultivo de café constituye la base para muchos sistemas agroforestales simultáneos. El café es cultivado especialmente en tierras altas y fértiles. El uso de árboles para sombra en los cafetales se debe también a la necesidad de obtener otros productos arbóreos tales como leña, madera o frutas, es decir diversificar la plantación y abastecer de productos necesarios para la finca. Esta situación se presenta también en las plantaciones nuevas (Montagnini, 1992).

Los arbustos de café requieren de ciertas condiciones ambientales y ecológicas para manifestar su potencial genético en términos de su desarrollo, crecimiento y fructificación. Esas condiciones se consiguen estableciendo cafetales en sitios donde las condiciones de humedad y precipitación son las más apropiadas. El cafeto necesita entre 70 y 100 pulgadas de lluvia anuales y una humedad relativa de entre 70 y 85 por ciento. Los árboles para sombra ayudan a reducir la evapotranspiración potencial al modificar la iluminación solar. La cantidad de luz en cafetales a sombra puede modificarse mediante la poda de los árboles para sombra United States Department of Agricultura (USDA, 2012).

2.4 El sombreado en café

Las plantaciones de café bajo sombra se clasifican como una práctica de combinación plantación-cultivo (Krishnamurthy y Ávila, 1999), con una estructura definida por dos elementos principales: (i) la sombra del cafetal que es provista por el dosel de las especies arbóreas y (ii) la plantación de cafetos (Hernández-Martínez, 2009).

Generalmente el principal producto económico es proporcionado por el cultivo de café y los árboles utilizados para dar sombra se consideran como árboles de servicio. El manejo de la sombra es particular en cada región, por lo que se observa una variedad de clasificaciones que difieren de acuerdo a tres factores principales: (i) las condiciones ambientales y climáticas locales, (ii) el equilibrio entre la producción esperada y la longevidad de la plantación, y (iii) el tamaño de la plantación y la necesidad de diversificación de la producción (Loría, 2015).

La distribución del sombrero o la luminosidad del café puede resumirse de la siguiente manera: cero por ciento libre exposición solar, menor del 35 por ciento sombrero ralo o heterogéneo, entre el 35 y 45 por ciento sombrero óptimo o adecuado y mayor del 45 por ciento sombrero denso u homogéneo (Arcila *et.al*, 2007).

Farfán (2014), considera que el sombrero arbóreo para un cafetal, sin que disminuya su producción, debe ser máximo del 45 por ciento, dependiendo de la zona de cultivo, ya que sus componentes son la suma de un sombrero natural debido a la nubosidad de la región y al sombrero de los árboles; por lo tanto, si se debe o quiere establecer sombra al café, los porcentajes de sombra deben ajustarse para cada localidad. El ajuste del nivel de sombrero se hace interviniendo cada especie de árbol en particular (uno). El manejo del árbol depende de la fisiología del cultivo asociado y sus necesidades micro-climáticas, la fenología de la especie de sombra, el clima y suelo local, las características de crecimiento del árbol de sombra y su tolerancia a podas, así como las percepciones de los agricultores sobre las diferentes especies de sombra y cultivos asociados.

2.5 Tipo de sombra

Según la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA, 2004), el cultivo de café requiere sombra temporal, semipermanente y permanente.

2.5.1 Sombra temporal o provisional

Es la que se utiliza para proteger el café de los rayos directos del sol durante los dos primeros años de establecido (FHIA, 2004). La ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café), s.f.), recomienda sembrar el árbol para sombra, inmediatamente después de la siembra del café y en el caso de la crotalaria, el guandú y la tephrosia se realiza directamente en el campo.

Al inicio de la lluvias, ésta sombra debe ser eliminada total o parcialmente con el fin de acelerar el desarrollo del cafeto. Dependiendo del desarrollo vegetativo del cafeto, la sombra provisional debe mantenerse o renovarse hasta que la sombra temporal proyecte la cantidad y calidad de luz requerida. Es utilizada cuando se siembran áreas nuevas o cuando se renuevan cafetales agotados (ANACAFÉ, s.f.).

Entre las especies más utilizadas se encuentra el gandul (*Cajanus cajan*), crotalaria arbustiva (*Crotalaria* sp.), flemigia (*Flemigia* sp.), higuierilla (*Ricinus comunis*) y guineos o plátanos (Musáceas), siendo estos últimos los más recomendados por los ingresos que puedan generar en esta primera etapa cuando aún el café no ha entrado en producción (FHIA, 2004).

2.5.2 Sombra semipermanente o intermedia

Según la (FHIA, 2004), nos indica que esta sombra está constituida por plantas que abrigan al café hasta que la sombra definitiva logre proteger adecuadamente el cafetal. Bajo la modalidad tradicional de cultivar café, ésta sería la sombra permanente, pero en este caso se constituye en sombra semipermanente porque se debe cancelar una vez que los árboles maderables (sombra permanente) alcancen un tamaño adecuado.

Para ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café), s.f.), la siembra debe hacerse con un año de anticipación a la siembra del cafeto o simultáneamente. La distancia de siembra depende de las condiciones climáticas y edáficas de la región; generalmente son usadas distancias de 4 metros por 6 metros, 6 metros por 5 metros, y 6 metros por 6 metros. Considerando la competencia por agua y nutrientes, la siembra debe hacerse sobre las calles del cultivo.

Desde el inicio del desarrollo, de la sombra temporal, según (ANACAFÉ, s.f.) debe formarse adecuadamente mediante las podas; eliminando brotes de crecimiento vertical y conservando las horizontales que permitan una adecuada distribución de la luz. Deben fertilizarse durante el primer año de campo para acelerar su desarrollo y debe eliminarse cuando la sombra permanente o definitiva alcanza un desarrollo que permita regular la cantidad y calidad de luz que el cafeto requiere.

Entre las especies más comúnmente utilizadas como sombra semipermanente en las zonas cafetaleras, están las guamas, (*Ingas* sp.) como el guajiniquil, pepeto de río y guama blanca; el poró (*Erythrina* sp.); y el cuernavaca (*Solanum* sp.) y en

menor escala el cacahuanance o madreao (*Gliricidia* sp.) y flor amarilla (*Cassia siamea*) que crecen bien en las partes bajas donde el café es de inferior calidad (FHIA, 2004).

2.5.3 Sombra permanente

Son plantas que por sus hábitos de crecimiento y longevidad, conviven con los cafetales, proporcionándoles sombra durante todo el ciclo productivo. Para la elección de las especies de sombra definitiva o permanente a utilizar, deben priorizarse los que garanticen buen desarrollo y longevidad y que además reúnan las características deseables (ANACAFÉ, s.f.).

La (FHIA, 2004), dice que el criterio de muchos especialistas, la introducción de maderables como sombra definitiva en cafetales, debe hacerse en las zonas marginales bajas y más húmedas, donde los rendimientos serán más bajos y la implementación de prácticas agroforestales es más factible.

Se pueden recomendar las siguientes especies latifoliadas: granadillo rojo (*Dalbergia glomerata*), hormigo (*Plathymiscium dimorphandrum*), barba de jolote (*Cojoba arborea*), marapolán (*Guarea grandifolia*), rosita (*Hieronima alchorneoides*), laurel blanco (*Cordia alliodora*), laurel negro (*Cordia megalantha*), cedro (*Cedrela* sp.), cumbillo (*Terminalia amazonia*), santa maría (*Calophyllum brasiliense*), nogal (*Juglans olanchana*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y guapinol (*Hymenea courbaril*), entre otras (FHIA, 2004).

2.6 Importancia de la sombra para la producción de café

Según el Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo (DESCO, 2012) la importancia de la sombra en café son las siguientes:

- Regula la producción y mejora la calidad del grano del café.
- Mantiene el follaje del café siempre verde.
- Regula el ingreso de la luz solar.
- Regula la floración y maduración del fruto, por consiguiente la cosecha.
- Las hojas de los árboles de sombra incrementan materia orgánica al suelo.
- Los árboles de sombra (leguminosas) fijan nitrógeno al suelo.
- Regula el microclima del cafetal.
- Mayor protección y sostenibilidad del uso del suelo.

2.6.1 Ventajas

Al usar árboles maderables como sombra en los cafetales, se obtienen las siguientes ventajas:

- Disminuye la erosión por el amarre del suelo por parte de las raíces y por la intercepción de las gotas de lluvia, reduciéndose la velocidad de caída de las mismas sobre la superficie del terreno.
- Aumenta el contenido de materia orgánica con la caída de hojas y ramas.
- Disminuye la proliferación de malezas en el cafetal, debido a la menor cantidad de luz que ingresa al suelo.

- Contribuye a la nutrición del cafetal, como en el caso de las leguminosas que fijan nitrógeno atmosférico.
- Regula el desarrollo fisiológico de la planta, permitiendo de esta manera mantener la vida productiva de la plantación evitando el agotamiento prematuro del cultivo.
- Ingresos adicionales al café por venta de productos maderables (leña, postes, brotones, frutos, madera de aserrío, etc.).
- Se mejora la disponibilidad de agua en el suelo (FHIA, 2004).

Por otro lado Muschler (1999), menciona las siguientes ventajas de asociar café con árboles:

- Microclima más moderado (temperaturas más elevadas, menor transpiración, rompevientos reducen viento).
- Cafetos más vigorosos y más resistentes a plagas y enfermedades.
- Reducción potencial de los requerimientos de insumos (fertilizantes, herbicidas, etc) y aumento de la eficiencia de aprovechar el fertilizante.
- Aumento de la biodiversidad (aves migratorias, control biológico).

2.6.2 Desventajas

Las desventajas de asociar café con árboles son las siguientes:

- Puede bajar la producción de café (más evidente en ambientes ideales para café y cuando se usan demasiados árboles o especies incompatibles).

- Puede requerir fondos y mano de obra adicionales para establecer y manejar los árboles (aunque en muchos casos es un costo menor que el costo para el manejo de malezas).
- Puede favorecer enfermedades y plagas adaptadas a humedad alta (Koleroga) o sombra (*Mycena*), o asociadas a niveles altos de materia orgánica (*Rosellinia*, *Phyllophaga*).
- Puede dañar los cafetos por la caída de las ramas y durante la extracción de la madera.
- Puede dificultar las labores de manejo.
- Los árboles pueden ser hospederos para nuevas plagas (Muschler ,1999).

En este mismo sentido, Silveira (2012) nos menciona las principales desventajas:

- Dificulta la entrada de luz del sol y del calor, lo cual perjudica el desarrollo de la planta reduciendo su producción, desde luego que sin los beneficios de los rayos solares las plantas se marchitan y mueren.
- Cuando se trata de árboles que no tienen raíces profundas perjudican el desarrollo del arbusto del café, especialmente en sus primeros años cuando vive de la capa superficial de la tierra porque ambos, el cafeto y el árbol de la sombra, se alimentan de la misma tierra.
- Perturban el aireamiento del cafeto por la dificultad de una buena circulación de las corrientes de aire, con evidente perjuicio para la vida de las plantas.

- Forman un ambiente favorable al desarrollo de molestias criptogámicas por el mantenimiento de un medio húmedo y oscuro que estimula las diferentes plagas que viven o pueden vivir del café, como la broca.
- Complica las prácticas del cultivo del café haciéndolas más costosas y por lo mismo aumentando el costo general de producción.

2.7 Descripción botánica del café

❖ Clasificación taxonómica del cultivo del café

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta.

Sub-División: Angiospermae.

Clase: Magnoliata.

Sub-Clase: Asteridae.

Orden: Rubiales.

Género: Rubiaceae.

Especie (s): Arábica, canephora, liberica, etc (Mora, 2008).

Rodríguez (2012); nos indica que el Café pertenece a la familia de las Rubiáceas.

Esta familia tiene características fáciles de reconocer:

- Las hojas salen en pares.
- No tienen divisiones y los bordes son lisos.
- En las flores están los órganos de los dos sexos, son flores hermafroditas.

- Generalmente cada fruto tiene dos semillas.

La raíz es un órgano de mucha importancia; ya que a través de ella la planta toma el agua y los nutrimentos necesarios para su crecimiento y producción. En la raíz se acumulan sustancias que más tarde van a alimentar las hojas y los frutos, y que hacen que el árbol permanezca anclado y en su sitio (Rodríguez, 2012).

Según DESCO (Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo), 2012), señala que el tallo es leñoso, erecto y de longitud diversa de acuerdo a la variedad y las hojas miden de 12 a 24 centímetros de largo por cinco a 12 centímetros de ancho, variando su forma de elíptica a lanceolada y el fruto es una baya drupácea con dos almendras con sus respectivos embriones, que constituyen la semilla.

Las flores son órganos destinados a reproducir las plantas. Las flores dan origen a los frutos y aparecen en los nudos de las ramas, hacia la base de las hojas, en grupo de cuatro o más, sobre un tallito muy corto llamado glomérulo (Rodríguez, 2012).

❖ **Algunas exigencias del cultivo de café**

Según (ONF, 2013), los sitios ideales se localizan entre los 500 y 1,700 metros sobre el nivel del mar, la precipitación debe oscilar entre 1,000 y 3,000 milímetros anuales, con buena distribución de las lluvias a lo largo de todo el año, lo ideal es una temperatura media anual de 17° centígrados a 23° centígrados, se recomiendan suelos profundos, fértiles con drenaje adecuado. Se recomienda sembrar en terrenos planos a poco inclinados y protegidos de los fuertes vientos y se debe

utilizar semilla seleccionada de calidad para realizar el semillero. Para la siembra se debe utilizar almácigo de buena calidad con edades que oscilen entre seis a doce meses y de la variedad recomendada para la zona.

El Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE, 2011), menciona que por encima del nivel altitudinal de 1,700 metros sobre el nivel del mar se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta. La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, para el buen desarrollo del cafeto. Con menos de 1,000 milímetros anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta. Con precipitaciones mayores de 3,000 milímetros, la calidad física del café oro y la calidad de taza puede comenzar a verse afectada; además el control fitosanitario de la plantación resulta más difícil y costoso. En cuanto a temperaturas inferiores a 10° centígrados, provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes. Cuando alcanza niveles superiores al 85 por ciento de humedad relativa, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas y los fuertes vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, así mismo 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.

2.8 Densiómetro de Lemmon

Según los autores Guariguata y Kattan (2002), el densiómetro de Lemmon, mide el porcentaje de cobertura del dosel en un punto dado en el piso del bosque. Se trata de un espejo convexo, dividido en 24 cuadros. En teoría, el observador debe imaginarse cuatro puntos repartidos uniformemente dentro de cada uno de los 24 cuadros. Manteniendo el espejo nivelado, el observador mira cuadro por cuadro cada uno de los 96 puntos imaginarios y decide si se ve el cielo o el dosel del bosque. El porcentaje de apertura del dosel se obtiene sumando el número de puntos que corresponden al cielo y multiplicándolo por 1.04 (100/96). En la práctica, este método es bastante subjetivo y difícil de repetir, incluso por el mismo observador y en los mismos sitios de muestreo. Además, la diferencia entre un punto del dosel con un porcentaje de apertura de dos por ciento y otro con un cuatro por ciento puede ser muy importante para las plantas, pero resulta muy difícil de discernir con este método. Así, el densiómetro es mucho más útil para cuantificar condiciones extremas.

2.9 Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

La radiación solar según Jaramillo *et al.* (2006), es el principal factor que determina el microclima del cultivo; su energía condiciona la temperatura del aire y del suelo, el movimiento del viento, la evapotranspiración y la fotosíntesis, de tal manera que la intensidad de la radiación, el grado de interceptación y la eficiencia en el uso de la energía radiante son determinantes en la tasa de crecimiento de las plantas.

Para los autores Farfán y Jaramillo (2009), la radiación fotosintéticamente activa (RFA) es la franja del espectro electromagnético utilizada para los procesos de la fotosíntesis (400 a 700 nanómetros) y es un rango muy próximo a la radiación visible (luz).

Los estudios de interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), suministran la base para el manejo práctico de los cultivos, por ejemplo, para seleccionar los árboles por su tamaño, el arreglo espacial del cultivo principal, el número de plantas por hectárea y la optimización de la producción de los asimilados y su conversión (Arcila *et al.* 2007).

Los Factores mencionados por Arcila *et al.* 2007, que afectan la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) son los siguientes:

- La altitud: Afecta la nubosidad y la calidad de la luz.
- La latitud: Afecta el ángulo de incidencia de la luz y la longitud del día.
- Concentración de partículas atenuantes en el aire.
- Factores inherentes al equipo y las metodologías de evaluación.

Arcila *et al.* 2007, nos menciona que los Factores que determinan el grado de interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) son:

- Arquitectura de los árboles y del cultivo.
- Heterogeneidad del componente arbóreo: Diversidad, dimensión y orientación.

- El número de estratos verticales.
- Tamaño de las hojas y duración del follaje.
- Índice de área foliar del componente arbóreo y del cultivo.
- Densidad del follaje.
- Ángulo inserción de las ramas y de las hojas.
- Estructura y edad de la hoja.
- Distribución del área foliar.
- Distribución de la RFA en el follaje.
- Arreglo espacial, manejo del sombrero y características del sitio donde fue establecido (Arcila *et al*, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características del área de estudio

El estudio se realizó en Finca Lérída, ubicada en la comunidad de Alto Quiel en el distrito de Boquete, localizada en la provincia de Chiriquí, en las coordenadas geográficas $8^{\circ}48'49.73''$ Norte y $82^{\circ}29'2.45''$ Oeste; con una altitud de 2,082 metros sobre el nivel del mar, (MIDA, 2011). En la figura 1, se muestra la localización del sitio de estudio.



Fuente: Google Earth.2016.

Figura 1. Localización del área de estudio. Finca Lérída, Alto Quiel, Distrito de Boquete.

3.1.1 Geología y suelos

Según el Instituto Nacional Geográfico Tommy Guardia (INGTG, 2007); los suelos del área se desarrollaron, en el periodo terciario y cuaternario con formaciones volcánicas tales como: basalto/andesitas, cenizas, tobas aglomerados y lavas. La geomorfología, está compuesta por explayamientos hidro-volcánico, procedentes de material sedimentarios; estas a su vez están conformadas de arenisca, lutitas, calizas, conglomerados, entre otras rocas presentes.

Estos suelos pertenecen a la clase VI, los cuales se clasifican como suelos cultivables; con pendientes de 8 a 35 por ciento; procedentes de cenizas volcánicas (Rodríguez, 1983).

El Cuadro I, nos muestra el resultado del análisis químico para los lotes cuatro y cinco respectivamente. El pH de ambos suelos muestran niveles bajos atribuyéndose a los ácidos producto de la descomposición de la materia orgánica presente, lo cual se puede evidenciar por la acidez que va de media a alta. Las bases como calcio, potasio y magnesio se encuentran en niveles de bajo a medio. El fósforo y el zinc para ambos sitios se encuentran en niveles altos, esto se puede atribuir en parte a la mineralización de la materia orgánica, fertilización y aplicación de algunos fungicidas.

Los métodos de determinación para el análisis de suelo se describe a continuación: acidez, calcio y magnesio fueron extraídos con KCl 1N 1:10, el potasio, fósforo, manganeso, zinc, cobre y el hierro fueron extraídos con Olsen modificado 1:10 (Bertsch, 1986).

3.1.2 Clima

Por ser una zona montañosa presenta un clima fresco y agradable, la temperatura promedio es de 20° centígrados todo el año, presentando dos tipos de climas: templado muy húmedo de altura, con lluvias copiosa todo el año superiores a los 60 milímetros, y tropical húmedo (Solís, 2013).

CUADRO I. ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. BOQUETE.

PARÁMETROS	LOTE #4	INTERPRETACIÓN	LOTE #5	INTERPRETACIÓN
pH	4.54	BAJO	4.50	BAJO
Acidez	1.27 cmolc/L	MEDIA	1.56 cmolc/L	ALTA
Potasio (K)	0.17 cmolc/L	BAJO	0.27 cmolc/L	MEDIO
Calcio (Ca)	2.49 cmolc/L	BAJO	2.92 cmolc/L	BAJO
Magnesio (Mg)	0.47 cmolc/L	BAJO	0.75 cmolc/L	BAJO
Fósforo (P)	29.32 ppm	ALTO	47.79 ppm	ALTO
Hierro (Fe)	75.27 ppm	MEDIO	81.40 ppm	MEDIO
Manganeso (Mn)	12.52 ppm	MEDIO	16.19 ppm	MEDIO
Cobre (Cu)	9.65 ppm	MEDIO	8.61 ppm	MEDIO
Zinc (Zn)	13.82 ppm	ALTO	13.33 ppm	ALTO

3.1.3 Zona de vida

La zona de vida del sitio pertenece al Bosque Muy Húmedo Pre-montano (bmh-P). En esta zona de vida se encuentran especies tanto del Bosque Húmedo Tropical, como del Muy Húmedo y en la faja más fresca por arriba de los 24 grados centígrados. Se pueden encontrar algunas especies tales como: *Laplacea*, *Brunellia*, *Brosium*, *Ficus*, *Taonaba*, *Ouratea*, *Vochysia*, *Protium*, *Cupania*, *Ladenbergia*, *Rapanea*, *Alchornea*, *Vitex*, y algunos géneros de la familia *Sapotaceae* (Tosi, 1971).

3.2 Metodología

3.2.1 Establecimiento de las parcelas de muestreo

Se establecieron dos parcelas de muestreo con sombra, en los lotes cuatro y cinco, con una altura de 1,600 a 1,650 metros sobre el nivel del mar. Las cuales fueron demarcadas y ubicadas con la utilización del GPS (Sistema de Posicionamiento Global) Figura 2. La superficie del lote cuatro es de 10,000 metros cuadrados y la del lote cinco de 5,800 metros cuadrados; totalizando un área de 15,800 metros cuadrados. La pendiente del sitio de estudio fue de 17 por ciento.

La recolección de datos para ambos sitios, se realizó en el tercer ciclo de recolección del café; comprendido entre los meses de marzo a junio del 2016.

Cada parcela contaba con un área útil (tratamiento) de 120 plantas de café de la variedad Catuaí de las cuales se eligieron seis filas de 20 cafetos; separadas por un

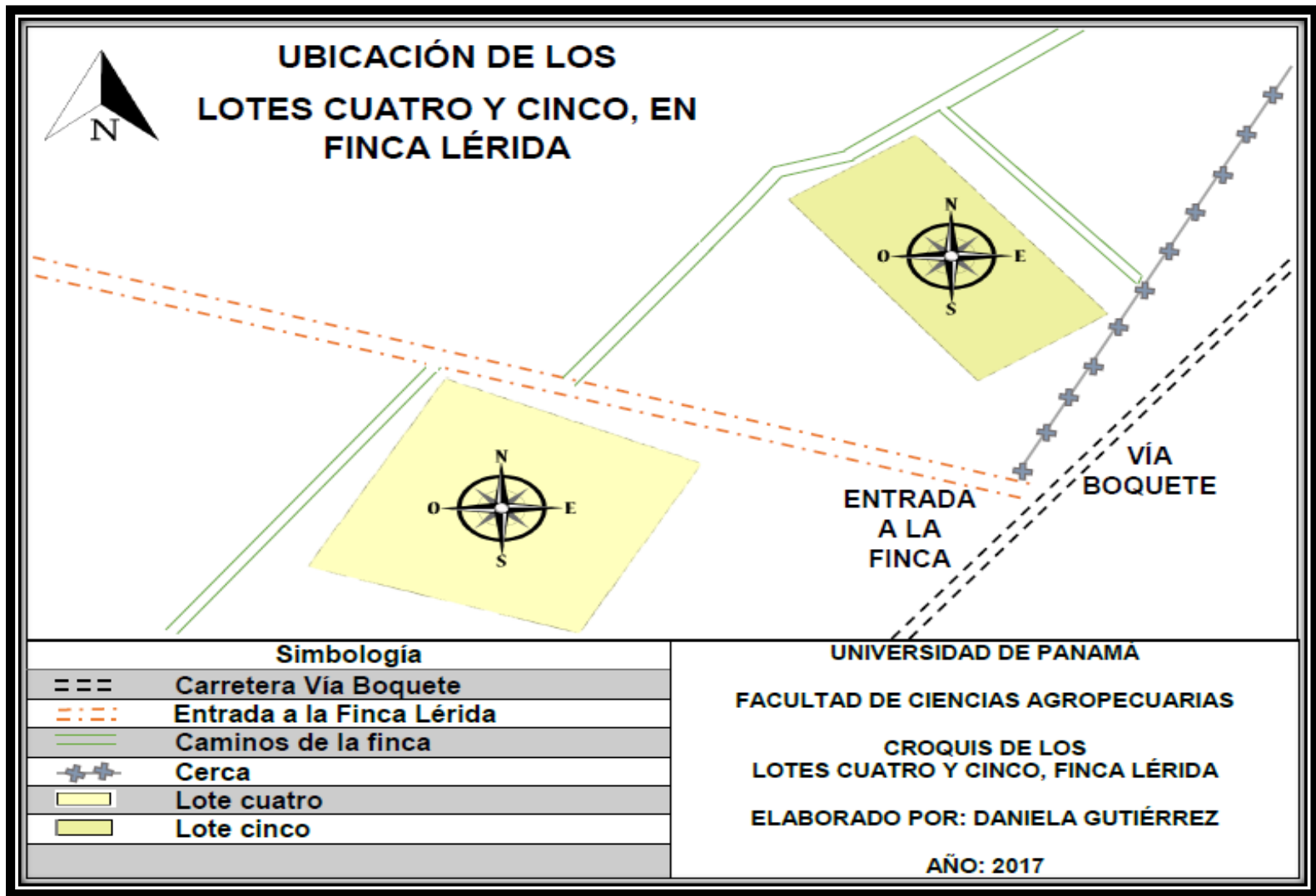


Figura 2. Establecimiento de parcelas en los lotes cuatro y cinco. Finca Lérida, Alto Quiel, Distrito de Boquete.

borde de filas de cafetos. Para las plantas de café Catuaí evaluadas, se tomaron al azar cinco plantas por cada fila haciendo un total de 30 plantas de café por parcela. Cada planta de café fue enumerada, señalizada con cinta de color y ubicada con la ayuda del GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

3.2.2 Parámetros a evaluar

❖ Variables climáticas

Se consideraron los registros de las variables climáticas tales como: la temperatura (C°), la humedad relativa (%) y la precipitación (mm) de la estación meteorológica No. 108-017 Los Naranjos; la cual se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 8°46'45" latitud norte y 82°25'53" longitud oeste, a una elevación de 1200 metros sobre el nivel del mar y es una estación tipo B convencional que inicio sus registros en el año 1971 Empresa de Transmisión Eléctrica. S.A (ETESA, 2016).

A pesar que el sitio de estudio cuenta con una estación meteorológica llamada Finca Lérica No.108-001, esta estación solo registra los datos de precipitación, tomándose la estación más cercana para nuestro estudio que fue la estación de Los Naranjos No. 108-017. Además, debemos tener presente que la evapotranspiración y la radiación solar no fueron analizadas; debido a que la estación meteorológica no presenta registros de estas variables climáticas.

❖ **Diámetro, área basal, estimación de la altura total y diámetro de las copas de las especie arbóreas**

Los árboles evaluados, se consideraron aquellos con diámetros a la altura del pecho (DAP) en rango de 15 a 40 centímetros. Para estimar el diámetro en las especies arbóreas se utilizó la cinta diamétrica. En árboles bifurcados se consideró cada uno de ellos individualmente. Posteriormente se registraron con el GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Luego para la estimación de la altura total de las especies arbóreas, se midió el árbol desde el suelo hasta el ápice de la copa; a una distancia aproximadamente de 15 metros utilizando el altímetro haga, como se puede observar en la figura 3. Para el diámetro de las copas se realizó una medición con la cinta métrica en un solo eje, observando el perímetro de la copa del árbol sobre el suelo.



Figura 3. Estimación de la altura total de las especies arbóreas utilizando el altímetro haga. Finca Lérica. 2016.

❖ **Diámetro, número de granos, número de bandolas y altura total por planta de café.**

La variedad de café presente en ambos lotes fue catuaí, dispuestas a 1.50 metros entre plantas y 2.00 metros entre surco. Este cafetal tiene aproximadamente 30 años de haber sido establecida.

El diámetros en las plantas de café, se estimó a cinco centímetros de altura, tomándose cada eje en las plantas bifurcadas como una planta; tal como se observa en la figura 4.



Figura 4. Estimación del diámetro de plantas de café. Finca Lérída. 2016.

Para obtener un valor del rendimiento en los lotes de estudio, se realizó la cosecha del tercer ciclo de recolección de cada planta de café por separado. Los granos de café fueron contados separadamente por cada planta. De igual forma las bandolas se contaron de manera separada por cada bifurcación y para la estimación de la altura total de cada planta fue utilizada la estadía, la cual se colocaba al lado de la planta y se estimaba el valor. Figura 5.



Figura 5. Cosecha y conteo de los granos de café. Finca Lérica. 2016.

- ❖ **Evaluación de la Radiación fotosintéticamente activa (RFA) y evaluación del grado de sombra con el densiómetro esférico cóncavo (modelo C)**

Para las mediciones de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en cada parcela de estudio, se utilizó el medidor quantum meter (models Mq-200). Los datos se estimaron fuera del dosel y debajo del dosel de los árboles de sombra. Las mediciones se realizaron entre las 10:30 ante meridiano y 12:20 pasado meridiano.

La medición de sombra se realizó mediante el procedimiento mencionado por Werner (2009), utilizando el densiómetro esférico cóncavo (Modelo-C), en donde las parcelas fueron divididas en cuatro cuadrantes de norte a este, norte a oeste, sur a este y de sur a oeste, en cada cuadrante se realizó dos mediciones, en el cual las lecturas se tomaron con el instrumento a la altura de los codos, a la vez utilizando la brújula que se encuentra ubicada en la esquina inferior derecha como una guía, para mantener el nivel del densiómetro. Además se asumió cuatro puntos equidistantes en la cuadrícula y sistemáticamente se contaron y se sumaron los puntos que representan el área no ocupada por el dosel.

Teniendo en cuenta que el densiómetro no da la lectura de la sombra directamente, se multiplica por 1.04 el total de los puntos contados que representan el área no ocupada por el dosel por cada medición; para así obtener el porcentaje del área no ocupada por el dosel. Posteriormente se sumaron todos los porcentajes del área no ocupada por el dosel y luego se dividió el resultado obtenido entre la cantidad de mediciones.

3.3 Parámetros evaluados

En árboles de sombra

- ❖ **Diámetro altura del pecho (DAP):** Medida más típica de un árbol, la cual se refiere al diámetro que tiene el fuste del árbol a 1.30 metros sobre el nivel del suelo (Ugalde, 1981).
- ❖ **Área basal:** Área de cualquier sección transversal del fuste de un árbol. Se determina mediante la siguiente ecuación:

$$AB = \pi / 4 * d^2$$

Donde:

AB= área basal.

π = 3.1416.

d= diámetro (Ugalde, 1981).

- ❖ **Altura total (Ht):** Se mide desde el suelo hasta el ápice de la copa. Esta se estima con la ayuda de un clinómetro, hipsómetro o vara telescópica (CATIE, 2012).
- ❖ **Diámetro de copas:** Este diámetro se mide por medio de dos mediciones cruzadas que traten de representar el menor y el mayor diámetro de copa (CATIE, 2012).

- ❖ **Densiómetro de Lemmon:** Mide el porcentaje de cobertura del dosel en un punto dado en el piso del bosque (Guariguata y Kattan, 2002).

- ❖ **Medidor Quantum Meter:** Mide el flujo RFA (Radiación fotosintéticamente activa) en longitudes de onda que oscila entre 400 y 700 nanómetros y es importante para el control de la fisiología de la planta (Quantum PAR Meter LGBQM Instructions, 2013).

Del cultivo de café

- ❖ **Diámetro a 5 centímetros del suelo (d_5):** Corresponde a la circunferencia de la planta (Briscoe, 1990).

- ❖ **Número de granos:** Es el conteo manual de todos los frutos presentes en las plantas.

- ❖ **Número de bandolas:** Es el conteo de todas las ramas secundarias presentes en cada bifurcación de las plantas de café.

- ❖ **Altura total (h):** Se refiere a la longitud vertical desde la base de la planta (suelo) hasta la yema apical del tallo principal (Briscoe, 1990).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los árboles utilizados como sombra para los cafetales forman la estructura y el ambiente apropiado para proveer un refugio a la biodiversidad de organismos tanto vegetales como animales (Perfecto *et.al*, 1996).

La sombra proporcionada por árboles en los cafetales afecta las condiciones microambientales y ambientales en la región, ejerciendo un efecto importante sobre el agua, el suelo, materia orgánica, producción de hojarasca, regulación de temperaturas, humedad y vientos ofreciendo microambientes.

En nuestro país no existen estudios sobre diversidad de plantas leñosas en cafetales. La clasificación de cafetales tradicionalmente se hace basada en el manejo tomando en cuenta la cantidad de insumos y labores.

Los resultados que se muestran a continuación se basaron en los parámetros señalados en la metodología con aspectos cuantitativos como cualitativos.

En las Figuras 6 y 7 se puede observar la geo-referenciación de los árboles que fueron considerados en ambas parcelas para la medición de los parámetros dasométricos.

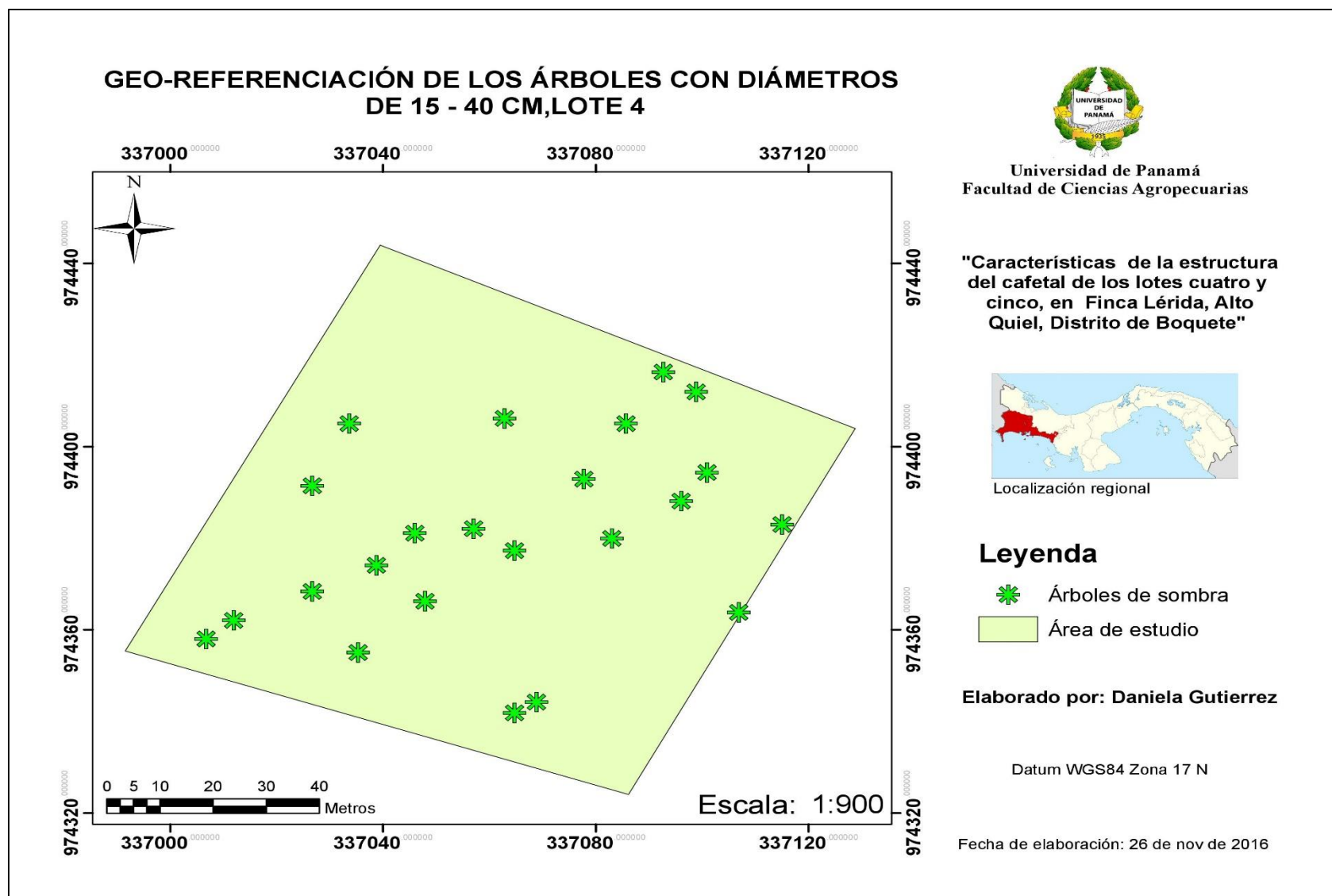


Figura 6. Geo-referenciación de los árboles de sombra con diámetros de 15-40 cm, lote cuatro.

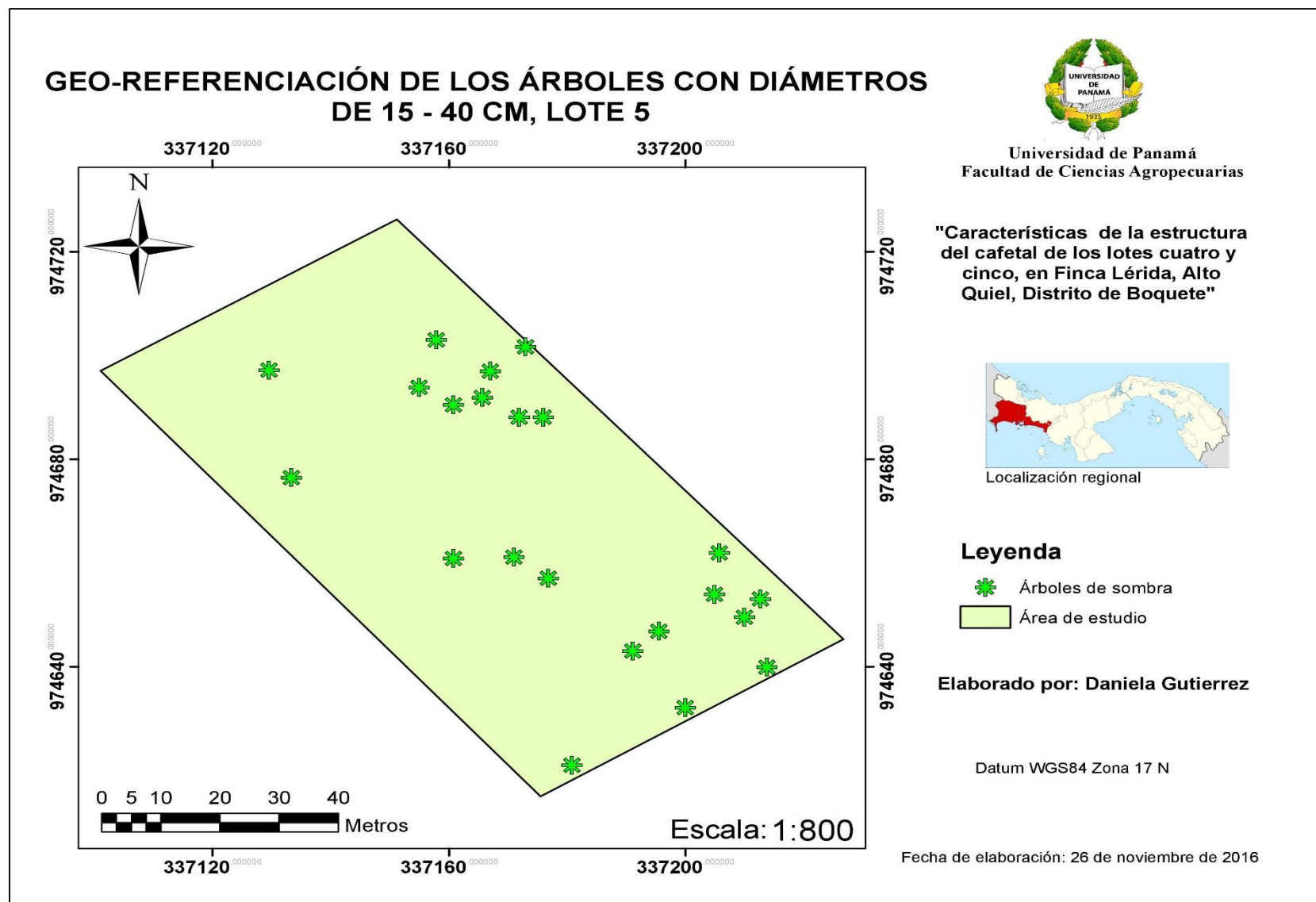


Figura 7. Geo-referenciación de los árboles de sombra con diámetros de 15-40 cm, lote cinco.

4.1 Estructura de la vegetación arbórea

La estructura de la vegetación de los sitios en estudio se basa en el tipo de sombra, la densidad, área basal, altura total de árboles, diámetros a la altura de pecho en un rango de 15 a 40 centímetros, se presentan en el Cuadro II. La estructura de la vegetación de los cafetales varía entre lotes presentando para el sitio cuatro especies como *Inga vera* (guabo) y *Citharexylum recurvatum* (palomo), en tanto para el sitio cinco se registró la especie *Inga vera*.

4.1.1 Composición florística

El área total muestreada fue de 1.58 hectáreas, de las cuales una hectárea corresponde al lote cuatro y 0.58 hectáreas el lote cinco. Se registraron 59 árboles de dos especies; *Inga vera* (guabo) y *Citharexylum recurvatum* (palomo) de 15 a 40 centímetros de diámetro a la altura de pecho, las cuales son nativas del Bosque Muy Húmedo Pre-montano (bmh-P) lo cual nos indica la importancia de la conservación del sitio. Estos árboles utilizados como sombra en el cafetal tienen un importante papel ecológico en el sistema, especialmente por sus frutos y semillas que sirven como recurso alimenticio.

Guido *et al.* (2008), indican que el agro-ecosistema cafetalero con sombra es un elemento para mantener una biodiversidad alta por la complejidad florística y estructural de los árboles de sombra; la cual se debe a varios estratos vegetativos en el ecosistema y ofrece diversidad de nidos y sitios para una serie de organismos, el dosel afecta el microclima por la protección del impacto de la lluvia y el viento, además de producir hojarasca. Los hábitats son muy diferentes en cafetales al sol

y a la sombra, con mayor diversidad de alimentos para especies animales en las plantaciones sombreadas. Además, los árboles asociados al café afectan su fisiología, los nutrimentos, la flora y fauna dentro y sobre el suelo.

4.1.2 Densidad de individuos por hectárea

La especie *Inga vera* (guabo) en la parcela del lote cuatro; obtuvo una densidad de 25 individuos por hectárea y la especie *Citharexylum recurvatum* (palomo); obtuvo un resultado de cuatro individuos por hectárea, en la parcela situada en el lote cinco, la especie *Inga vera* presento 51 individuos por hectárea (Cuadro II).

CUADRO II. PARÁMETROS EVALUADOS EN LAS ESPECIES ARBÓREAS *Inga vera* y *Citharexylum recurvatum*. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. BOQUETE.

LOTE #4	Área de muestreo	Especies	No. de individuos	Densidad Ind ha ⁻¹	Área basal promedio (m ² ha ⁻¹)	Altura total promedio (m)	Diámetro de copa (m)
	1 ha	<i>Inga vera</i>	25	25	0.06	17.06	6.25 - 12.80
		<i>Cytharexylum recurvatum</i>	4	4	0.03	14.75	4.2 - 8.8
LOTE #5	Área de muestreo	Especies	No. de individuos	Densidad Ind ha ⁻¹	Área basal Promedio (m ² ha ⁻¹)	Altura total promedio (m)	Diámetro de copa
	0.58 ha	<i>Inga vera</i>	30	51	0.04	14.13	6.8 - 12.60

Estos árboles son de vegetación natural y nativos del sitio, Sánchez (2007), indica que la presencia de especies de árboles nativos tiene un efecto positivo y fuerte en la presencia de fauna típica de bosque o con alta vulnerabilidad de extinción, que resulta ser la de mayor interés para la conservación en paisajes rurales.

Con el transcurrir de los años estas especies arbóreas no han sido utilizadas tan solo como sombra en el cafetal, sino que también como pasajes ecológicos para la conservación y protección de diversas aves y la riqueza ecológica del sitio.

Gliessman citado por Guido *et al.* (2008), menciona que al crear un agro-ecosistema cafetalero más complejo y diverso aumenta el potencial de obtener interacciones benéficas. La diversificación en especies vegetales conduce a cambios positivos en las condiciones abióticas y atrae a poblaciones de fauna y se desarrollan cualidades que permiten al sistema funcionar, de manera que se mantiene la fertilidad, la productividad y regula las poblaciones de plagas.

4.1.3 Área basal promedio

La especie *Inga vera*, en la parcela del lote cuatro con 25 árboles presentó un área basal promedio de 0.06 metros cuadrados por hectárea; mientras que esta misma especie arbórea encontrada en la parcela del lote cinco; con 30 árboles evaluados su resultado fue de 0.04 metros cuadrados por hectárea; en donde se puede observar claramente una diferencia mínima indicándonos que los árboles del lote cuatro presentaron diámetros mayores y por lo tanto el desarrollo y el área basal por especie fue mayor. De igual forma también es atribuido a la diferencia en edades

de los árboles en ambos lotes; ya que estas especies son de vegetación natural. En el Anexo 1 podemos observar el área basal por especie del lote cuatro.

En este estudio la especie dominante fue *Inga vera* (guabo), con lo observado en campo y los resultados altos en cuanto al diámetro; podemos caracterizarlos como árboles que presentaron un buen crecimiento, de igual forma Farfán citado por Orozco *et al.* (2014), menciona que esta especie es de rápido desarrollo vegetativo.

La especie *Citharexylum recurvatum* que se encuentra en la parcela del lote cuatro su área basal promedio fue de 0.03 metros cuadrados por hectárea, coincidiendo con el resultado obtenido por Williams y López (2008), en donde evaluaron las especies arbóreas con diámetros a la altura de pecho de mayores o iguales a 5 centímetros; en monocultivos bajo sombra presentó un área basal de 0.03 metros cuadrados por hectárea, concluyendo que la selección de especies de árboles se haga no sólo con un criterio económico o utilitario, sino también con un criterio ecológico, es decir, que se prefieran especies nativas de la vegetación regional, que tengan diámetros grandes (área basal) y que sean especies con frutos comestibles dispersados por animales.

Según Prodan *et al.* 1997 citado por Muñoz (2012), manifiesta que el área basal es una de las dimensiones empleadas con mayor frecuencia para caracterizar el estado de desarrollo de un árbol, que se define como el área de una sección transversal del fuste a 1.30 metro de altura sobre el suelo.

Matteucci y Colma citado por Muñoz (2012), dicen que en árboles este parámetro debe ir creciendo y desarrollándose al igual que aumenta la altura y el diámetro de la especie forestal. De igual forma es de gran importancia para mostrar la densidad del rodal, la dominancia de las especies y la calidad del sitio, lo cual nos lleva a determinar la distribución del número de árboles adecuadamente por clase diamétrica.

4.1.4 Altura total promedio

A todas las especies arbóreas se les midió la altura total; con estos datos obtenidos en campo se pudo estimar la altura total promedio en metros; para ambas especies arbóreas.

La altura total promedio de la especie *Inga vera* de la parcela del lote cuatro fue mayor siendo de 17.06 metros (Anexo 1) y en la parcela del lote cinco obtuvo un resultado menor el cual fue de 14.13 metros (Anexo 2). Según Anónimo (2015), las especies de árboles del género *Inga*, su dosel debe tener una altura de 12 metros como mínimo. De igual forma Rodríguez (1990), dice que esta especie arbórea, es un árbol de tamaño mediano, alcanzando de 12 a 18 metros de altura. La altura total promedio de la especie *Citharexylum recurvatum* en la parcela del lote cuatro fue de 14.75 metros de altura.

Según Sánchez *et al* (2007), en investigación realizada en Colombia, encontró que especies arbóreas pertenecientes a familias tales como: Moraceae, Mimosaceae, Myrtaceae, Cecropiaceae y Lauraceae, presentaron alturas promedio alrededor de

9.5 metros, sin diferencias entre localidades. Determinando que en cuanto a los criterios fisionómicos para sombríos “amigables con la biodiversidad”, en todos se cumple la densidad mínima requerida, pero en general en el momento del estudio aún no se cumplían los requerimientos de altura. La variabilidad en diámetro y altura son indicadores de la variación en el tamaño, la especie y la edad de los individuos en las diferentes parcelas en las fincas estudiadas.

4.1.5 Diámetro de copa

En cuanto a la especie *Inga vera* presente en ambas parcelas podemos observar que los diámetros de copas se encuentran de manera similar, en la parcela del lote cuatro; el diámetro registro rangos de 6.25 a 12.80 metros, Figura 8 y en el lote cinco el diámetro de copa oscilo entre 6.8 a 12.60 metros (Figura 9).

Según lo observado en campo estos árboles pueden catalogarse con copas extendidas abiertas, en donde su arquitectura y fenología se consideran aceptables y adecuadas para el cafetal; ya que, esta es una especie que posee un follaje ralo; Beer (1987), menciona que se debe poseer una copa rala que de un patrón de sombra en parches en vez de una sombra uniforme que produzca una luz de baja calidad fotosintética. Cordero y Boshier (2003), dicen que la especie *Inga Vera* (guabo) proporciona excelente sombra (y otros servicios), a cultivos perennes, debido a la arquitectura de su copa en forma de sombrilla o plana. La utilización de esta especie es preferible cuando se requiere una sombra ligera, proporcionada por su copa extendida y las pequeñas hojuelas.

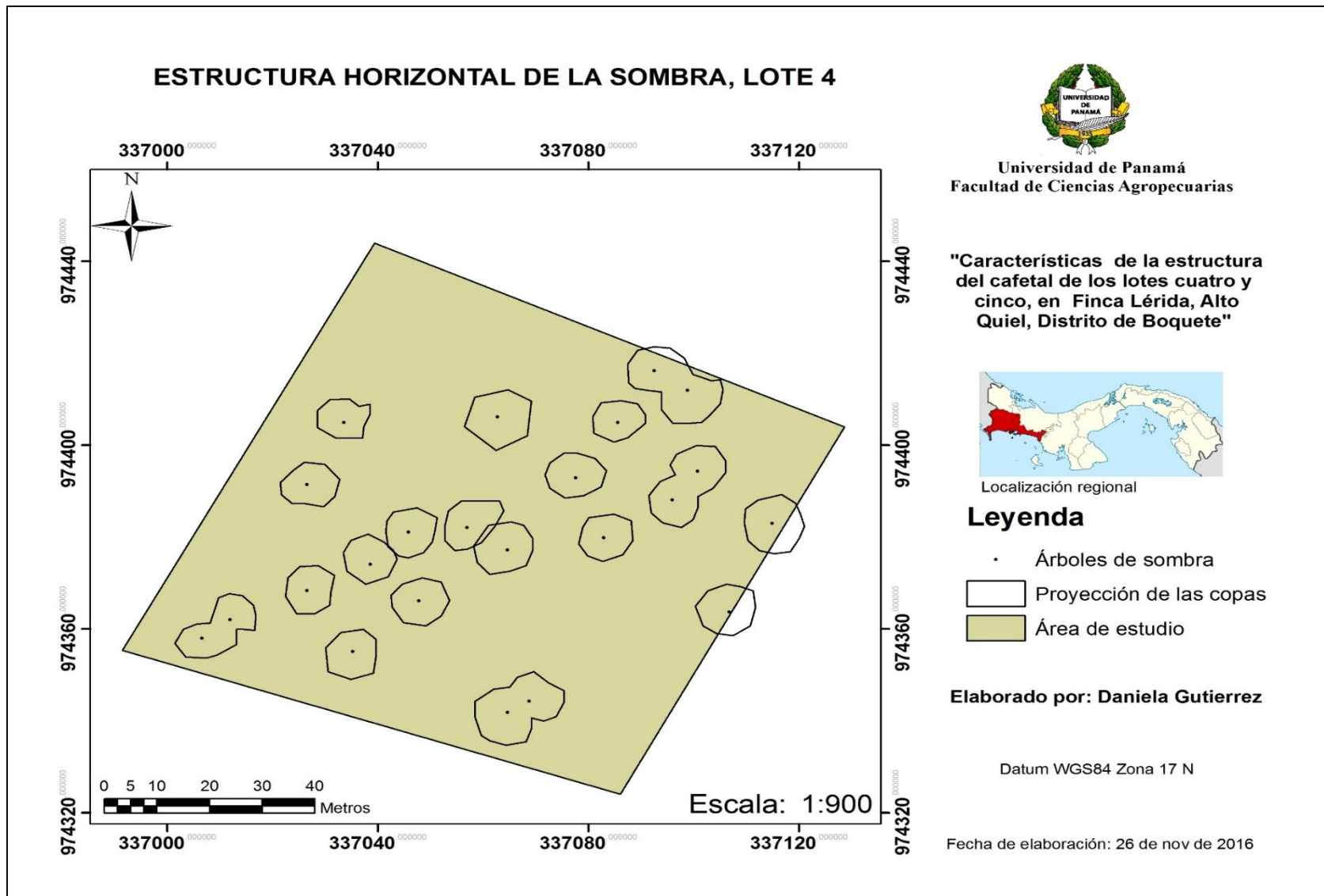


Figura 8. Estructura horizontal de la sombra, lote cuatro.

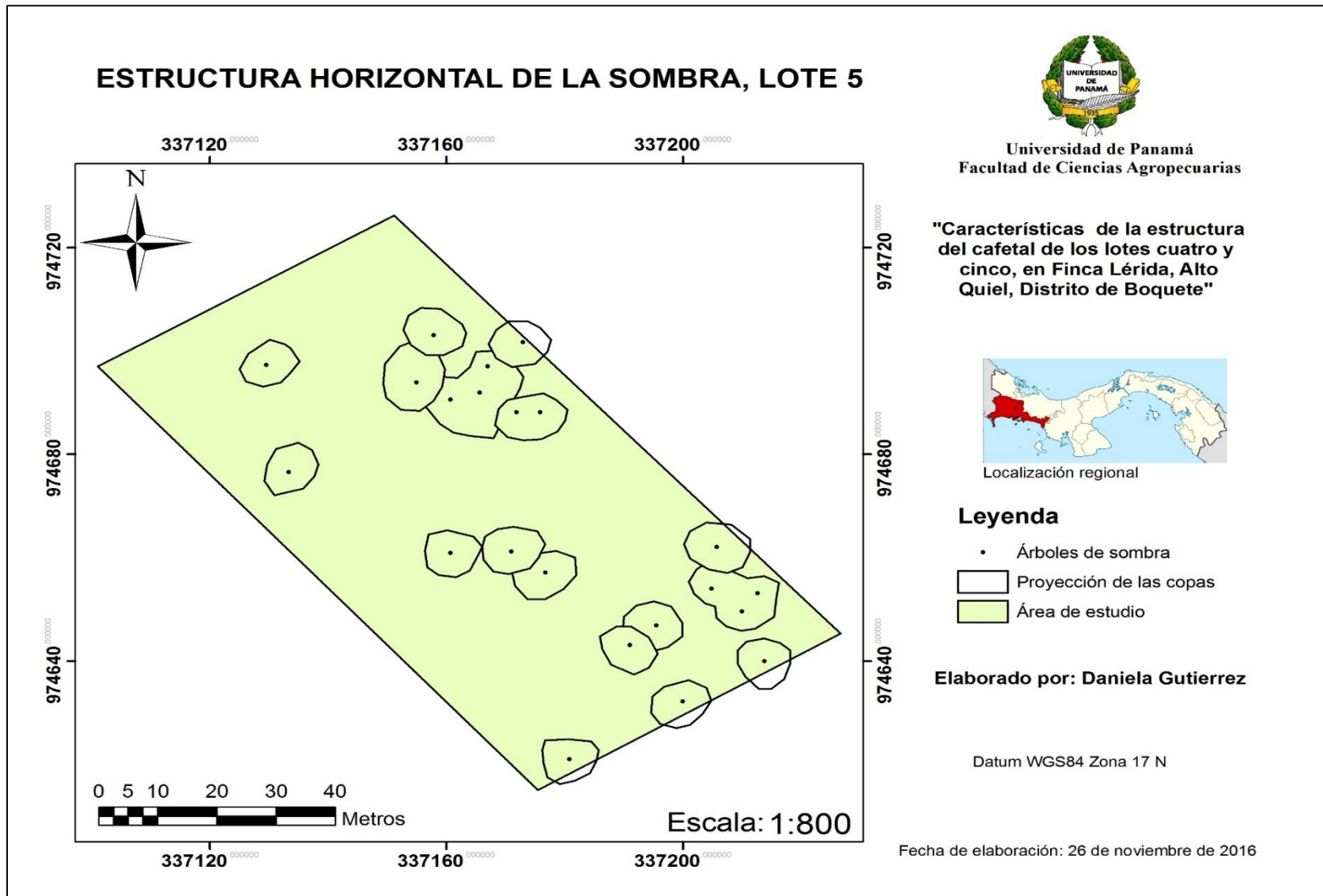


Figura 9. Estructura horizontal de la sombra, lote cinco.

Para la especie *Citharexylum recurvatum* que se encuentra en la parcela del lote cuatro, los cuales poseían un dosel denso pequeño; el diámetro de copas fue de 4.2 a 8.8 metros estos resultados se presentan en el Cuadro II.

La forma del dosel o la corona de los árboles, tiene importantes consideraciones al momento de ser seleccionados para los sistemas agroforestales. Algunos árboles tienden a desarrollar el dosel en capas, otros conforman un dosel pequeño y alto, y otros en forma columnar, en contraste con aquellos que desarrollan una copa densa, esparcida o cónica. Aunque de igual forma las copas de los árboles de sombrío afecta negativamente la cantidad y la calidad de luz disponible para los cultivos (Arcila *et al.* 2007).

4.1.6 Porcentaje de sombra

Se puede observar que el menor porcentaje de sombra se obtuvo en la parcela del lote cuatro el cual fue de 28.9 por ciento, la distribución de árboles se encuentra a mayor distanciamiento entre ellos y de igual forma en ciertos puntos dentro de la parcela no se observa el establecimiento de árboles de sombra; permitiendo una mayor iluminación dentro del lote la cual fue de 71.1 por ciento. (Figura 10)

Según el porcentaje de sombra presente en el lote cuatro; este se encuentra dentro del rango mencionado por Soto (2000), en la cual concluye que la cobertura de los árboles de sombra tiene un efecto positivo en un rango entre 23 y 39 por ciento de cobertura. Coberturas hasta de 60 por ciento mantienen la producción; y coberturas

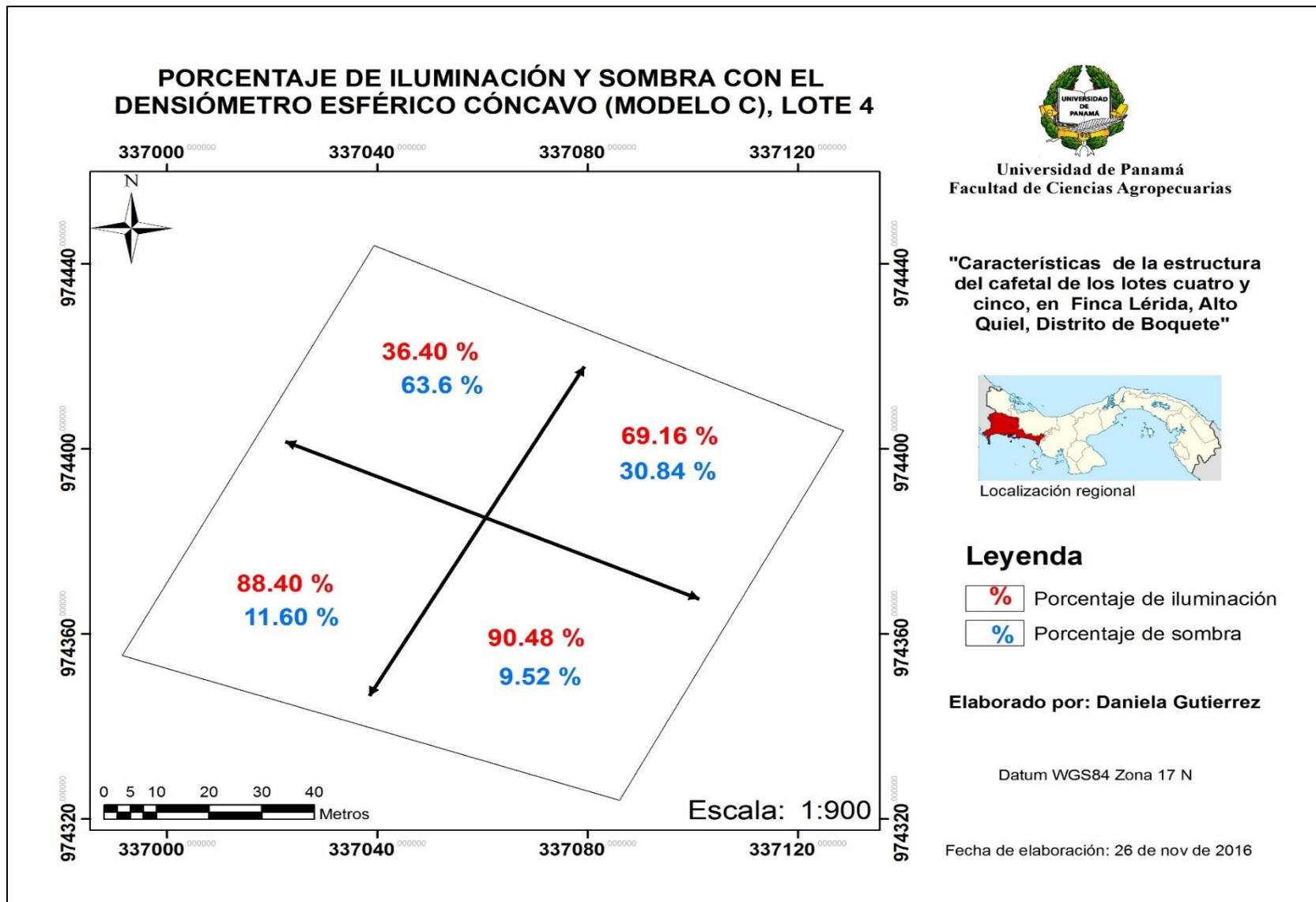


Figura 10. Porcentaje de iluminación y sombra con el densiómetro esférico cóncavo (modelo C), lote cuatro.

arriba de 60 por ciento, la producción puede decrecer si no hay un buen manejo de la poda del arbusto de café.

La (ONF, 2013), menciona que el porcentaje adecuado de sombra que debe aportar el componente forestal dentro de este sistema está entre un 20 a un 40 por ciento. Recomiendan el asocio con especies leguminosas de uso múltiple como guabas (*Inga spp*), madero negro (*Glericidia sepium*) y poró (*Erythrina spp*), dado el gran aporte de materia orgánica que generan y por el aporte de nitrógeno al suelo.

La parcela del lote cinco presentó un porcentaje mayor que fue de 68.9 por ciento. En la Figura 11, se muestra que el resultado que se obtuvo en el lote cinco, se atribuye a que los árboles se encuentran a un distanciamiento más cercano entre ellos, permitiendo que las copas de los árboles se formen de una manera densa; disminuyendo la iluminación dentro del cafetal que fue de 31.6 por ciento. De acuerdo al rango establecido para la toma de datos.

Según Muschler citado por Duicela *et al*, (2003), menciona los efectos de diferentes niveles de sombrío, los cuales permitieron determinar que la producción de café bajo sombra homogénea (40 a 60 por ciento) fue tan alta como a pleno sol; pero el café bajo sombra excesiva (>80 por ciento), redujo hasta en un 60 por ciento la producción.

Los cafetales que se encuentran en altitudes mayores a 1,500 metros sobre el nivel del mar, con bajas temperaturas en el ambiente y en el suelo, con días frecuentemente nublados, alta humedad relativa en el ambiente y en el suelo; se puede disminuir la densidad de sombra a menos de 30 por ciento (Anónimo, 2015).

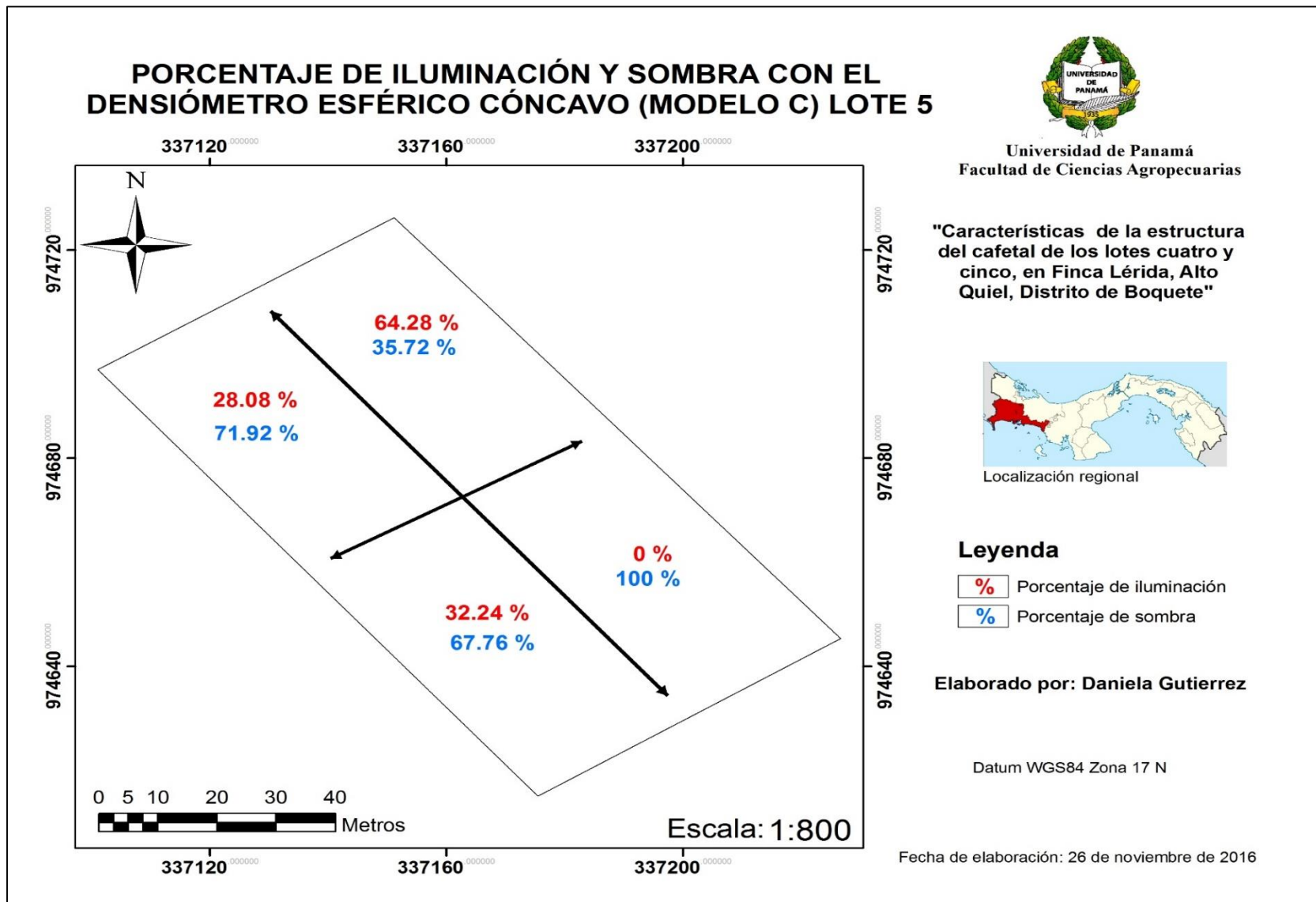


Figura 11. Porcentaje de iluminación y sombra con el densímetro esférico cóncavo (modelo C), lote cinco.

Aunque Zapata (2010), dice que se debe procurar manejar la sombra en un porcentaje medio entre (50 a 60 por ciento), ya que mucha sombra la producción puede bajar debido a la baja actividad fotosintética de la planta.

Podemos observar que el porcentaje de sombra en el lote cinco; no se ubica dentro de los rangos mencionados anteriormente indicando un exceso de esta en un ocho por ciento, lo que nos hace concluir que deben realizarse podas a la vegetación arbórea.

4.2 Variables climáticas

El café es una planta que su ambiente original se encontró en el sotobosque, por lo que es una planta que se adapta a la sombra. Cada región posee características climáticas que conducen a un comportamiento específico de la planta y determinan su productividad de acuerdo a la oferta.

Las variables climáticas como: temperatura, precipitación y humedad relativa se obtuvieron de la estación meteorológica Los Naranjos 108-017, considerando los meses de marzo a junio del presente año.

4.2.1 Temperatura, precipitación y humedad relativa

La temperatura promedio en grados centígrados; para el mes de marzo fue de 20.5° centígrados, mientras que en mayo fue de 21.1° centígrados. Esto nos indica que los cafetos se encuentran en el punto óptimo para la producción de frutos, ya que se encuentra entre los 18° y 22° centígrados como lo indica Cañas (2015). De igual forma, la temperatura se asemeja a la mencionada por

López *et al* citado por Arcila *et al.* (2007) en la que manifiesta que fuera de estos límites el crecimiento es casi nulo y la productividad muy baja. La menor precipitación promedio en milímetros; se observó en el mes de marzo 36.7 milímetros, incrementándose en el mes de junio a 317.2 milímetros; siendo la precipitación total anual de 2,442.50 milímetros. De acuerdo Cañas (2015), podemos decir que la precipitación anual se encuentra entre los límites altos de precipitaciones para el buen desarrollo del cafeto ya que esta entre los 900 a 3,000 milímetros por año. Trojer citado por Arcila *et al.* (2007), menciona que la distribución de las lluvias es en alto grado responsable de los volúmenes y la relación porcentual de las floraciones semestrales y de los patrones de distribución de la cosecha.

Estas condiciones se asemejan a las del estudio de Benavides y Gutiérrez (1978), donde comprobaron que el comportamiento de la variedad de café Catuaí a temperatura de 19.1° a 21.8° centígrados y precipitación anual entre 2,240 a 3,280 milímetros; dio rendimientos altos en estas condiciones climáticas y que también era posible la influencia de ciertas características morfológicas de la planta, sus hábitos de floración y fructificación.

El mes de marzo presentó menor humedad relativa promedio de 80.9 por ciento; en el mes de junio fue de 87.6 por ciento; concluyendo que fue el mes que registró mayor cantidad de humedad en el aire. Estos valores se ubican dentro del rango mencionado por DESCO (2012) y Alvarado y Rojas (1998), en donde señalan que la humedad relativa esta entre 70 a 95 por ciento y que la limitación por este factor se da cuando se presentan valores iguales o mayores

a 90 por ciento, pues estimula el ataque de enfermedades fungosas. Aunque Cañas (2015), menciona que el cafeto requiere humedades relativas entre 60 y 70 por ciento. Los rangos con respecto a la humedad relativa pueden diferir; principalmente por la altitud en que se encuentre el cafetal y por las condiciones climáticas del sitio.

4.3 Radiación fotosintéticamente activa (RFA)

La radiación fotosintéticamente activa (RFA), para el lote cuatro fue de 992.50 nanómetros correspondiendo a un 28.9 por ciento de sombra. Para el lote cinco fue de 865 nanómetros con un 68.9 por ciento de sombra. La alta radiación fotosintéticamente activa en el lote cuatro es atribuida al bajo porcentaje de sombra; permitiendo que la filtración de los rayos solares sea de manera directa al cafetal, mientras que en el lote cinco al presentar un alto porcentaje de sombra dificulta que la energía solar sea directa.

Según Siles citado por Rivera (2013), la radiación fotosintéticamente activa presente en el cultivo de café se encuentra entre los 600 a 900 nanómetros.

Podemos observar que en esta investigación el lote cinco con un porcentaje de sombra casi similar al del estudio realizado por (Farfán y Jaramillo, 2009) en Colombia con la especie *Inga edulis*; presentó menor radiación fotosintéticamente activa que fue de 350.4 a 522.2 nanómetros. Concluyendo que a mayor latitud se registra más radiación fotosintéticamente activa dentro del cultivo de café.

4.4 Relación de los componentes de producción del café versus la estructura del cafetal

El potencial de producción de materia seca está determinado por la genética de la planta o variedad y por su interacción con el ambiente (suelo y clima), así como por las prácticas de cultivo. Cada ambiente posee alguna limitación y la buena administración del cafetal consiste en identificar estas limitaciones para determinar su efecto sobre la eficiencia de la planta y la productividad del sistema de producción, y de esta forma establecer las prácticas adecuadas de manejo del cultivo para superarlas (Arcila et al, 2007).

Al observar la producción de café en ambos lotes versus el número de bandolas, granos de café en cereza y las diferentes variables dasométricas, la producción del lote cuatro fue de 4, 742.66 kg ha⁻¹ de café en cereza, 76 bandolas, 574 granos en cereza por planta, un diámetro promedio total de 0.06 metros por planta, la altura promedio de 2.06 metros por planta (Anexo 3) y con un porcentaje de sombra de 28.9 por ciento; en cuanto al lote cinco su producción fue de 3,602.60 kg ha⁻¹ de café en cereza, 105 bandolas, 290 granos en cereza por planta, un diámetro promedio total 0.06 de metros por planta, la altura promedio de 2.48 metros por planta (Anexo 4) y con un porcentaje de sombra de 63.1 por ciento.

Con los resultados obtenidos en ambos lotes podemos indicar, que la cantidad de porcentaje de sombra por sitio si afecto en la producción de café. En el lote cuatro, a pesar que las plantas de café estuvieron expuestas más al sol por

presentar una sombra rala o heterogénea; obtuvo una mayor producción de granos aún con tener menos bandolas y las variables dasométricas bajas; pero no así para el número de granos por planta. Se deduce que existe un efecto sobre la producción y el desarrollo de las plantas de café, producto del porcentaje de sombra y de la fertilización debido a que está estrechamente relacionada con la cantidad disponible de nutrientes necesarios para el cafeto.

El lote cinco, considerado como sombrío denso u homogéneo se puede observar todo lo contrario, que a pesar de presentar resultados dasométricos altos, mayor cantidad de bandolas, su producción fue menor. Se concluye que estos resultados se debieron principalmente al alto porcentaje de sombra y que además solo se consideraron los granos de café de la tercera recolección. Estívarlz y Muschler (2006), consideran que la luz es un factor limitante para la producción de frutos en sombra homogénea.

Por otro lado Anónimo (2015), menciona que el exceso de sombra afecta negativamente el cultivo de café, por que limita la entrada de cantidad y calidad de luz solar necesaria para la producción rentable de café. Cuando se mantiene el exceso de sombra hay poca apertura de los estomas de las hojas, disminuyendo la actividad fotosintética, y se reduce la energía y el estímulo al metabolismo de la planta. (CATIE, 1990), también menciona que el auto-sombreamiento tiene un efecto marcado sobre la diferenciación floral, la cual depende críticamente de la radiación solar que reciban los nudos con potencial de florecimiento.

5. CONCLUSIONES

❖ Con base a los resultados obtenidos en este estudio; en cuanto a las especies arbóreas, el número de individuos y los resultados dasométricos, si se cumple la hipótesis de investigación que indicaba que la estructura y composición florística serian iguales en los lotes cuatro y cinco.

❖ Se identificaron en el lote cuatro 25 árboles de *Inga vera* (guabo) , en donde la altura total promedio fue de 17.06 metros, el área basal promedio fue de 0.06 metros cuadrados por hectárea y el diámetro de copa en un rango de 6.25 a 12.80 metros; de igual forma se encontraron cuatro árboles de *Cytharexylum recurvatum* (palomo), en donde la altura total promedio fue de 14.75 metros, el área basal promedio fue de 0.03 metros cuadrados por hectárea y el diámetro de copa en un rango de 4.2 a 8.8 metros. El lote cinco presento 30 individuos de *Inga vera*; en donde la altura total promedio fue de 14.13 metros, el área basal promedio fue de 0.04 metros cuadrados por hectárea y el diámetro de copa en un rango de 6.8 a 12.60 metros.

❖ El lote cuatro obtuvo una cantidad de 76 bandolas, 574 granos en cereza por planta, el diámetro promedio para las 30 plantas estudiadas fue de 0.06 metros, la altura promedio de 2.06 metros por planta y su producción de 4, 742.66 kg ha⁻¹ de café en cereza; en cuanto al lote cinco con 105 bandolas, 290 granos en cereza por planta, un diámetro promedio total de 0.06 metros

por planta, la altura promedio de 2.48 metros por planta y una producción de 3,602.60 kg ha⁻¹ de café en cereza.

❖ La temperatura promedio que oscilo entro los 20.5° y 21.1° centígrados, la precipitación total anual que fue de 2,442.50 milímetros y la humedad relativa promedio que fue de 80.9 a 87.6 por ciento, teniendo en cuenta estos datos podemos decir que las condiciones climáticas son las adecuadas para el buen desarrollo del cafeto y la producción de frutos.

❖ Se evaluó la sombra en ambos sitios obteniendo un 28.9 por ciento para el lote cuatro y 68.9 por ciento para el lote cinco.

❖ Los valores obtenidos para la radiación fotosintéticamente activa (RFA), fueron de 992.5 y 865 nanómetros en el lote cuatro y cinco.

6. RECOMENDACIONES

- ❖ Recomendamos realizar estudios relacionados con la estructura de los cafetales; ya que, nuestro país adolece de esta información y que estos estudios se evalúen con modelos estadísticos.

- ❖ Para estudios futuros considerar diámetros menores de 15 centímetros en las especies arbóreas.

- ❖ Se recomienda disminuir la cantidad de sombra en un 30 por ciento en el lote cinco; ya que por la altura del sitio y de acuerdo a los resultados obtenidos demostraron que a porcentajes bajos de sombra se registraron valores de producción alto.

- ❖ Considerar la evaluación de los componentes de producción desde el inicio de la cosecha hasta la final, tomando en cuenta la unidad experimental establecida.

7. REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS

Alpizar, O. 1988. Interacción de café y otras plantas, con especial referencia a la sombra permanente. San José, C.R. 89 p.

Alvarado, M y Rojas, G. 1998. El cultivo y beneficiado del café. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, C.R. 184 p.

ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café). s.f. La sombra del cafetal (en línea). Consultado el día 27 de junio 2016. Disponible en: https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_Sombra

Anónimo. La regulación de la sombra “una alternativa para hacer el cafetal sostenible. 2015. (en línea). Guatemala. Consultado el día 20 de julio de 2016. Disponible en: <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/BPA-2.-Regulacion-de-la-sombra-20150914-web.pdf>

Arcila P., J.; Farfán V., F.; Moreno B., A.M.; Salazar G., L.F.; Hincapié G., E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia (en línea). Consultado el día 27 de junio 2016. Disponible en: http://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf

Barkman, J.J. 1979. The investigation of vegetation texture and structure. In: M.J.Werger (ed.). Tge study of vegetation: 123-160. Junk. The Hague- Boston.

Beer, J. 1987. Ventajas, desventajas y características deseables de los árboles de sombra para café, cacao y té. Turrialba, Costa Rica, CATIE.18p.

Benavides, J y Gutiérrez, G. 1978. Observaciones sobre el comportamiento del cultivar Catuaí (*Coffea arábica* L.) en Costa Rica (en línea). Consultado el día 21 de julio de 2016. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v02n02_109.pdf

Bertsch, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Oficina de Publicaciones, UCR.

Briscoe, C. B. 1990. Manual de ensayos de campo con árboles de usos múltiples. Manual N°3. 143 p.

Cañas, R. 2015. Guía de factores que inciden en la calidad del café (en línea). Guatemala. Consultado el día 26 de octubre de 2016. Disponible en: <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/Guia-de-Factores-de-Calidad-web.pdf>

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).1990.VIII Curso regional sobre fundamentos de la caficultura moderna (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado el día 11 de agosto 2016. Disponible en: https://books.google.com.pa/books?id=9twOAQAIAAJ&pg=PA97&dq=produccion+de+las+plantas+de+cafe+en+granos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=produccion%20de%20las%20plantas%20de%20cafe%20en%20granos&f=false

-----, 2012. Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la producción maderable en sistemas agroforestales de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica. Serie técnica. Manual técnico / CATIE No.107. 36 p.

Cordero, J.; Boshier, D. 2003. Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas. Turrialba, CR, OFI/CATIE. 1079 p.

DESCO (Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo). 2012. Programa Selva Central. Producción de Cafés especiales manual técnico (en línea). Perú. Consultado el día 12 de septiembre 2015. Disponible en: http://www.desco.org.pe/sites/default/files/publicaciones/files/manual%20cafe_selva_VF.pdf

Duicela, L; Castillo, R y Zambrano, T. 2003. Influencia de las podas y regulación de la sombra sobre la producción de los cafetales arábigos (en línea). Consultado el día 2 de agosto 2016. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://cofenac.org/documentos/Podas-y-Regulacion-de-Sombra.pdf>

Estívarlz, J y Muschler, R. 2006. Efecto de la sombra sobre el vigor y producción de *Coffea arabica var.* Caturra después de una poda total del café en Turrialba, Costa Rica (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado el día 9 de agosto 2016. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2682e/A2682e.pdf>

ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica. S.A).2016. Clima. Datos históricos de la estación meteorológica Los Naranjos No.108-017. Consultado el día 21 de julio de 2016. Disponible en: http://www.hidromet.com.pa/clima_historicos.php?sensor=2

Farfán, F. 2014. Mantenimiento del componente arbóreo en sistemas agroforestales con café (en línea). Avances Técnicos CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigaciones de Café) no.440. Consultado el 27 de junio 2016. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/486/1/avt0440.pdf>

-----; **Jaramillo, Á.** 2009. Sombrío para el cultivo de café según la nubosidad de la región (en línea). Avances Técnicos CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigaciones de Café) no.379. Consultado el 27 de junio 2016. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/376/1/avt0379.pdf>

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2004. Guía práctica. Producción en café con sombra de maderables (en línea). Honduras. 18p. Consultado el día 13 de septiembre 2015. Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/gpcafeconsombramaderables.pdf

Galante, E. 2009. Diseño del circuito turístico Boquete: un paraíso de montaña bañado por el mejor café del mundo. Tesis M.Sc. San José. Costa Rica. Universidad para la cooperación internacional. 129p.

Girón, J. s.f. ANACAFÉ (Asociación Nacional Del Café). Sombra (en línea). Consultado el día 26 de febrero 2016. Disponible en: <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Sombra>

Guariguata, M y Kattan, G.2002.Ecología y conservación de Bosque Neotropicales. Costa Rica .692p.

Guido, I; Rodríguez C y Sancho, J. 2008. Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón, 2003 (en línea). Consultado el día 15 de octubre de 2016. Disponible en: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/viewFile/4093/3920>

Hernández - Martínez, G. 2009. La Clasificación agroecológica de las fincas de Biocafé (en línea). México. Consultado el día 6 de diciembre 2015. Disponible en: <http://www3.inecol.edu.mx/biocafe/ARCHIVOS/libros/qbh/4-Clasificacion.pdf>

ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2011. Guía técnica para el cultivo del café (en línea). Heredia, Costa Rica. Consultado el día 27 de junio 2016. Disponible en: <http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/cicafe/documentos/GUIA-TECNICA-V10.pdf>

INGTG (Instituto Nacional Geográfico Tommy Guardia). 2007. Atlas de la República de Panamá.

Jaramillo-R., A., J. Areila-P., E. Montoya-R. & F. Quíroga-Z. 2006: La radiación solar; consideraciones para su estudio en las plantaciones de café (*Coffea arabica* L.). Meteorol. Colomb. 10: 12-22. ISSN 0124-6984. Bogotá, D. C. Colombia.

Krishnamurthy, L., y Ávila, M. 1999. Agroforestería básica. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe (en línea). México. Consultado el día 6 de diciembre 2015. Disponible en: <http://www.ambiente.gov.ar/infoteca/aea/descargas/krishnamurthy02.pdf>

López, G. 2007. Sistemas agroforestales (en línea). México. 8p. Consultado el día 29 de octubre 2015. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Sistemas%20Agroforestales.pdf>

Loría, L. 2015. Antecedentes de uso de hábitat del Mono Criblanco (*Cebus imitator*) en plantaciones de café bajo sombra en la Provincia de Chiriquí, Panamá. Tesis M.Sc. Santiago. Chile. Universidad de Chile. 52p.

Maldonado, R; Rodríguez, G; Enríquez, J; Carrillo, J y Pérez, I. 2012. Efecto de la cobertura arbórea en sistemas de café orgánico en el sur de Oaxaca (en línea). Consultado el día 20 de julio de 2016. Disponible en: http://www.itvalleoaxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%201_1_2014/RMAE_02-2014_Extenso.pdf

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2011. Caracterización del sistema productivo de café en tierras altas de la provincia de Chiriquí (en línea). Panamá. Consultado el día 6 de diciembre 2015. Disponible en: http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/tierras_altas.pdf

Moguel P, Toledo V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13 v.

Montagnini, F.1992. Sistemas Agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. San José, CR.622p.

Mora, N. 2008. Agrocadena de café. Ministerio de Agricultura y Ganadería Dirección Regional Huetar Norte (en línea). Consultado el día 6 de diciembre 2015. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00080.pdf>

Muñoz Gómez, MV.2012. Estudio del comportamiento vegetativo y rendimiento de café robusta (*Coffea canephora*), asociado con tres leguminosas forestales guaba de bejuco (*Inga edulis*), guarango (*Parkia balslevii*), dormilon espinudo (*Piptadenia pteroclada*), establecido en el campo lago agro de petroproduccion. Tesis Ing.Agr. Riobamba, Ecuador. 141p.

Muschler, R.1999. Módulo No.5. Árboles en cafetales (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado el 13 de septiembre 2015. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A6867E/A6867E.PDF>

Noscue, E. 2014. Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo del café (*Coffea arabica*) (en línea). La Plata- Huila. Consultado el día 19 de julio 2016. Disponible en: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2654/1/52860556.pdf>

ONF (Oficina Nacional Forestal). 2013. Guía Técnicas SAF. Para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables (en línea). Costa Rica. 30p. Consultado el día 27 de septiembre 2015. Disponible en: http://onfcr.org/media/uploads/documents/guia_saf_onf_para_web.pdf

Orozco;G, Ordoñez;C, Suarez;J y López;C. 2014. Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia (en línea). Consultado el día 28 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www.udla.edu.co/revistas/autores/Comite%20cientifico/Juan%20Carlos%20Su%C3%A1rez%20Salazar/20.%20Vega%20et%20al.%202014.pdf>

Palomeque, E. 2009. Sistemas agroforestales (en línea). Huehuetán, Chiapas, México. Consultado el día 18 de noviembre 2015. Disponible en: <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemas-agroforestales.pdf>

Perfecto I, Rice R, Greenberg R, Van den Voort M.E. 1996. Shade coffe: a disappearing refuge for biodiversity. Bioscience 46:598-608.

Plan estratégico de café para zonas productoras de 1,000 msnm en adelante 2007-2013. 2009. Panamá. MIDA-APRE-AMBEC-SCAP-IDIAP. Consultado el día 26 de febrero 2016. Disponible en: <http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/plan-estrategic-de-cafe-de-tierras-altas-2007-2013%5B1%5D.pdf>

Quantum PAR Meter LGBQM Instructions. 2013. (en línea). Consultado el día 21 de septiembre 2016. Disponible en: https://www.1000bulbs.com/pdf/active_eye_lgbqm_instructions.pdf

Rangel-CH., J.O., y A. Velásquez. 1997. Métodos de estudio de la vegetación. Pp. 59-87. En: J.O. Rangel-Ch (ed.), Diversidad Biótica II. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Rivera, M.2013. Vulnerabilidad del cultivo de café al cambio climático global en el estado de Veracruz, México (en línea). México. Consultado el día 14 de agosto 2016. Disponible en: http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2105/1/Rivera_Silva_MR_MC_Hidrociencias_2013.pdf

Rodríguez, C. 1990. *Inga vera* Willd. Guaba. New Orleans. Consultado el día 3 de agosto 2016. Disponible en: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/Ingavera%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/Ingavera%20(1).pdf)

Rodríguez, M.1983. Clasificación y conservación de suelos para el desarrollo agropecuario de Panamá (en línea). Panamá. MIDA. Consultado el día 5 de agosto 2016. Disponible en: <https://books.google.com.pa/books?id=92wOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Rodríguez, N.2012. El café. Taxonomía del café. Consultado el 22 de noviembre 2015. Disponible en: <http://cafecooludec.blogspot.com/2012/10/taxonomia-del-cafe.html>

Sánchez C., L.M.; Botero E., J.E.; Vélez, J.G. 2007. Estructura, diversidad y potencial para conservación de los sombríos en cafetales de tres localidades de Colombia. *Cenicafé* 58(4): 304-323.

Sans, S y Solá, A. 2003. Origen Café. Panamá poca cantidad, buena calidad (en línea). Consultado el día 12 de febrero 2016. Disponible en: http://www.forumdelcafe.com/pdf/F-15_Panama.pdf

Silveira, F.2012. El cultivo del café en Brasil. Discusiones acerca de la sombra (en línea). Consultado el día 18 de noviembre 2015. Disponible en: http://www.icafe.go.cr/icafe/cedo/documentos_textocompleto/Revistas_defensa/3974.pdf

Somarriba, E., Harvey, C. A., Samper, M., Antohny, F., González, J., Staver, C. y Rice, R. A. 2004. Biodiversity conservation in neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. Fuente original: Schroth, G., Da Fonseca, G. A. B., Harvey, C. A., Vasconcelos, H. L., Gascon, C., Izac, A. M. N. Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Washington, Island Press. pp. 198-226.

Solís, C. 2013. Boquete con exuberante vegetación y clima agradable (en línea). Consultado el día 17 de abril 2016. Disponible en: <http://www.caribbeannewsdigital.com/panama/noticia/boquete-con-exuberante-vegetacion-y-clima-agradable>

Soto Pinto, M. L. 2000. Manejo de especies arbóreas para sistemas agroforestales en la región maya tzotzil-tzeltal del norte de Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M018. México D. F.

Tosi, J. (Ed.). 1971. Inventariación y demostraciones forestales, Panamá: Zonas de vida, basado en la labor de Roma, IT, FAO. 89 p. (FO: SF/PAN 6, informe técnico 2).

Ugalde, L. 1981. Conceptos básicos de dasimetría (en línea). Consultado el día 21 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/a5909e/a5909e.pdf>

USDA (United States Department of Agriculture). 2012. Manejo de cafetales bajo sombra (en línea). San Juan, Puerto Rico. Consultado el día 18 de noviembre 2015. Disponible en: <http://nac.unl.edu/documents/morepublications/FactSheetCafeSombra.pdf>

Werner, L. 2009. Standard Operating Procedure for Determining Canopy Closure using a Concave Spherical Densiometer – Model C for the Extensive Riparian Status and Trends Monitoring Program. Washington State Department of Ecology. 10 p.

Williams, G y López, A.2008. Estructura y diversidad de la vegetación leñosa (en línea). México. Consultado el día 15 de octubre de 2016. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/542/cap4.pdf>

Zapata, C. 2010. Caracterización agroecológica y rentabilidad de cafetales orgánicos antiguos bajo un sistema agroforestal con manejo semi- tecnificado en Turrialba, Costa Rica (en línea). Turrialba, Costa Rica. Consultado el día 19 de julio de 2016. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11021e/A11021e.pdf>

ANEXO

**ANEXO 1. VARIABLES DASOMÉTRICAS EN LAS ESPECIES ARBÓREAS.
 LOTE CUATRO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE
 BOQUETE. 2016**

N° de árboles	Nombre científico	Nombre común	DAP (m)	Área Basal (m²)	Altura total (m)	Diámetro de copa (m)
1	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.38	0.11	19	9.70
2	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.28	0.06	22	7.00
3	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.23	0.04	19	7.50
4	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.19	0.03	13	8.40
5	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.20	0.03	13	8.40
6	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.33	0.08	16	8.80
7	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.19	0.03	24.5	11.10
8	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.18	0.02	24.5	11.10
9	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.22	0.04	24.5	11.10
10	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.20	0.03	11	6.25
11	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.25	0.05	14.5	8.20
12	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.31	0.07	16	10.10
13	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.29	0.06	14.5	12.25
14	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.34	0.09	14	12.50
15	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.37	0.10	16.5	9.70
16	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.28	0.06	14.5	10.40
17	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.29	0.06	16	10.00
18	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.23	0.04	19.5	8.00
19	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.15	0.02	13	6.60
20	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.16	0.02	13	6.60
21	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.27	0.06	16.5	11.95
22	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.30	0.07	16.5	11.95
23	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.33	0.09	23.5	12.80
24	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.29	0.07	16	9.30
25	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.33	0.09	16	9.30
PROMEDIO TOTAL			0.26	0.06	17.06	9.56
30	<i>Cytharexylum recurvatum</i>	Palomo	0.20	0.03	12	4.90
31	<i>Cytharexylum recurvatum</i>	Palomo	0.25	0.05	15	6.00
32	<i>Cytharexylum recurvatum</i>	Palomo	0.23	0.04	13	6.00
33	<i>Cytharexylum recurvatum</i>	Palomo	0.16	0.02	19	4.20
PROMEDIO TOTAL			0.21	0.03	14.75	5.28

**ANEXO 2. VARIABLES DASOMÉTRICAS EN LAS ESPECIES ARBÓREAS.
 LOTE CINCO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE
 BOQUETE. 2016**

N° de árboles	Nombre científico	Nombre común	DAP (m)	Área Basal (m²)	Altura total (m)	Diámetro de copa (m)
1	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.24	0.05	6.5	8.20
2	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.36	0.10	12	12.0
3	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.23	0.04	16	9.50
4	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.22	0.04	9	9.40
5	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.17	0.02	9	9.40
6	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.15	0.02	7.5	7.00
7	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.17	0.02	7.5	7.00
8	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.18	0.03	11	8.50
9	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.18	0.02	15	8.71
10	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.16	0.02	15	8.71
11	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.17	0.02	15	8.71
12	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.30	0.07	20	10.9
13	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.28	0.06	16	7.70
14	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.23	0.04	17.5	10.6
15	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.19	0.03	17.5	10.6
16	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.27	0.06	13	12.6
17	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.26	0.05	13	12.6
18	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.19	0.03	10	7.6
19	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.21	0.04	10	7.6
20	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.25	0.05	9	12.2
21	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.33	0.08	12	10.5
22	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.16	0.02	20	8.00
23	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.16	0.02	20	8.00
24	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.17	0.02	13	7.00
25	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.27	0.06	17	10.40
26	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.15	0.02	20	8.30
27	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.15	0.02	20	8.30
28	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.16	0.02	20	8.30
29	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.35	0.09	20	6.80
30	<i>Inga vera</i>	Guabo	0.29	0.06	12.5	8.00
PROMEDIO TOTAL			0.22	0.04	14.13	9.10

**ANEXO 3. VARIABLES DASOMÉTRICAS Y DE RENDIMIENTO EN
CAFETOS. LOTE CUATRO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL.
DISTRITO DE BOQUETE. 2016**

N° de plantas de café	Diámetro promedio por planta (m)	Altura promedio por planta (m)	Total de bandolas por planta	N° de granos por planta
1	0.06	1.90	32	1,031
2	0.07	1.80	26	189
3	0.07	1.80	50	479
4	0.06	2.10	34	998
5	0.05	2.25	52	111
6	0.05	2.18	49	237
7	0.04	1.95	102	1,635
8	0.05	1.93	125	1,781
9	0.05	2.00	47	220
10	0.05	2.50	115	261
11	0.04	2.00	160	233
12	0.05	2.21	96	783
13	0.04	1.70	72	118
14	0.04	1.48	85	279
15	0.06	1.85	52	712
16	0.07	1.90	62	999
17	0.06	1.80	39	179
18	0.07	2.35	65	423
19	0.06	2.10	77	609
20	0.05	1.95	97	468
21	0.05	2.18	139	267
22	0.05	2.21	59	134
23	0.05	2.22	108	450
24	0.04	2.10	94	708
25	0.06	2.12	51	514
26	0.04	2.25	83	1,637
27	0.06	2.20	60	663
28	0.07	2.00	46	525
29	0.07	2.31	116	405
30	0.10	2.40	87	175
PROMEDIO TOTAL	0.05	2.06	76	574.1

ANEXO 4. VARIABLES DASOMÉTRICAS Y DE RENDIMIENTO EN CAFETOS. LOTE CINCO. FINCA LÉRIDA. ALTO QUIEL. DISTRITO DE BOQUETE. 2016.

N° de plantas de café	Diámetro promedio por planta (m)	Altura promedio por planta (m)	Total de bandolas por planta	N° de granos por planta
1	0.06	2.45	103	1,242
2	0.06	2.52	142	591
3	0.06	2.63	115	438
4	0.07	3.01	128	864
5	0.08	2.60	138	212
6	0.05	3.10	52	186
7	0.06	2.90	143	269
8	0.05	2.60	58	156
9	0.06	2.50	76	258
10	0.07	1.90	47	153
11	0.06	2.33	97	375
12	0.06	3.16	82	157
13	0.07	2.62	82	185
14	0.06	2.48	90	143
15	0.05	2.70	40	161
16	0.05	2.53	133	123
17	0.05	2.58	210	74
18	0.08	2.21	72	127
19	0.07	2.80	209	342
20	0.07	2.50	127	80
21	0.05	2.20	39	389
22	0.05	2.08	123	118
23	0.04	2.36	112	122
24	0.04	1.92	118	57
25	0.04	1.89	66	200
26	0.05	2.26	163	109
27	0.08	2.90	90	317
28	0.06	2.10	47	245
29	0.04	2.19	119	703
30	0.04	2.23	146	329
PROMEDIO TOTAL	0.06	2.48	105	290.8

