

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN
AGROPECUARIA



TESIS DE GRADO

**INTERACCIÓN DE FACTORES AGROAMBIENTALES EN 55 PLANTAS
PROMISORIAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CON DIFERENTES GRADOS
DE TOLERANCIA A MONILIASIS (*Moniliophthora roreri* Cif & Par. Evans et al.)
EN ALTO BENI – BOLIVIA**

NELSON ANIBAL HUCHANI CARLO

VIACHA – BOLIVIA

2018

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN
AGROPECUARIA**

**INTERACCIÓN DE FACTORES AGROAMBIENTALES EN 55 PLANTAS
PROMISORIAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CON DIFERENTES GRADOS
DE TOLERANCIA A MONILIASIS (*Moniliophthora roreri* Cif & Par. Evans et al.)
EN ALTO BENI – BOLIVIA**

*Tesis de grado presentado como requisito
Parcial para optar el título de Ingeniero en
Producción y Comercialización Agropecuaria*

NELSON ANIBAL HUCHANI CARLO

Asesor:

Ing. Casto Maldonado Fuentes

Comité Revisor:

Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada Belmonte

Ing. M. Sc. Ruben Jacobo Trigo Riveros

Ing. Jose Eduardo Oviedo Farfan

APROBADO

Presidente Tribunal Examinador:

LA PAZ – BOLIVIA

2018

DEDICATORIA

A mis padres Mercedes Carlo Tambo y Pánfilo Huchani Chura por su apoyo moral, constancia y dedicación en inculcarme los principios y valores de vida, gracias papá y mamá.

A mi amada prometida, Yanett Mamani Alejo por estar a mi lado en cada paso que he dado en el transcurso de mi desarrollo profesional, a mis sobrinos, Adriana, Masieel, Marisol, Alison, Helen, Ayliz, y Yordi tesoros valiosos que Dios me ha entregado para disfrutar este rol de tío con un gran amor incondicional, los amo mis hermosos, ustedes fueron mi principal razón, que me impulso para hacer realidad este gran logro.

A mis queridos hermanos Victoria, Margarita Beatriz, Rolando, Héctor (†), Bertha, María Mercedes y a mis cuñados Víctor (†). Calixto, Wilson, Guido, Henry.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento:

A Dios por darme salud y vida para alcanzar mi tan anhelado objetivo.

A la Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria y la Universidad Mayor de San Andrés por la enseñanza impartida y ser pilar fundamental en mi formación profesional.

Al Sub-proyecto de “Selección de material genético de cacao con alto rendimiento y tolerante a monilia en los Municipios de Alto Beni y Palos Blancos”.

Al Ing. Casto Maldonado Fuentes, asesor del presente trabajo, por transmitirme sus conocimientos, experiencias y ser guía para culminar esta investigación.

Al Tribunal Revisor Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada Belmonte, Ing. M. Sc. Ruben Jacobo Trigo Riveros Ing. Jose Eduardo Oviedo Farfan por la meticulosa revisión y detallada intervención en las correcciones del trabajo de tesis.

A la Ing. Adela Biatriz Copa Copa por transmitirme sus conocimientos en Diseños Experimentales y manejo del paquete estadístico Infostat.

A los productores innovadores de las diferentes áreas de intervención del trabajo quienes compartieron su amplia experiencia en el manejo del cultivo de cacao.

A mis amigos José Luis, Cristian, Wilson, Fernando, Ana Gabriela, Beatriz, y compañeros de estudio del Carrera de Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 El Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	4
3.1.1 Origen	4
3.1.2 Cacao en Bolivia.....	4
3.1.3 Cronología Cultivo del Cacao en Bolivia.....	4
3.1.4 Importancia del Cultivo Cacao	5
3.1.5 Variedad Genética	6
3.2 Requerimiento de Clima y Suelo para el Cacao.....	7
3.2.1 Temperatura, Precipitación y Humedad Relativa.....	7
3.2.2 Luz.....	7
3.2.3 Suelos.....	8
3.2.4 Acidez del Suelo	8
3.2.5 Drenaje y Aireación	8
3.2.6 Pendiente del Terreno	8
3.2.7 Vientos.....	8
3.2.8 Materia Orgánica	9

3.3	Manejo del Cacao	9
3.3.1	Poda del Cacao	9
3.3.2	Poda de Formación.....	10
3.3.3	Poda de Mantenimiento	10
3.3.4	Poda Fitosanitaria	10
3.3.5	Poda de Rehabilitación	10
3.4	Sistemas de Cultivos Asociados con Cacao	11
3.4.1	Sistemas Agroforestales con Cacao.....	11
3.4.2	Ecología del Cultivo de Cacao.....	12
3.5	Establecimiento de la Sombra.....	12
3.5.1	Sombrío Temporal.....	13
3.5.2	Sombra Permanente.....	13
3.6	Componentes del Dosel de Sombra en el Cultivo de Cacao.....	13
3.6.1	Los Sistemas Agroforestales	13
3.6.2	Cacao en Sistemas Agroforestales.....	14
3.6.3	Dosel de sombra.....	15
3.6.4	Las Plantas del Dosel de Sombra.....	15
3.6.5	Estratificación Vertical	16
3.6.6	Distribución Horizontal.....	17
3.6.7	Diversidad en Sistemas Agroforestales con Cacao.....	17
3.6.8	Selección de Especies para Sombra en Cacao.....	18
3.7	Descomposición de Material Orgánico.....	18
3.7.1	Factores que Influyen en la Descomposición	19
3.7.2	Manejo de la Materia Orgánica.....	20
3.8	Historia y Distribución Geográfica del Hongo	20
3.8.1	Taxonomía.....	21
3.8.2	Hospederos	22
3.8.3	El ciclo de Vida de la Moniliasis.....	22
3.9	Condiciones Físicas que Favorecen el Desarrollo del Patógeno	23
3.9.1	Precipitación	23
3.9.2	Temperatura	23

3.9.3	Humedad Relativa	24
3.9.4	Agua Libre	24
3.9.5	Luz.....	24
3.9.6	Acidez.....	25
3.10	Sintomatología	25
3.10.1	Epidemiología.....	26
3.10.2	Daños Causados.....	26
3.11	Manejo de la Moniliasis.....	27
3.11.1	Prácticas Fitosanitarias	27
3.11.2	Control Cultural (Remoción de Frutos)	28
3.11.3	Resistencia genética a moniliasis del cacao	28
3.12	Análisis Estadístico	29
3.12.1	Estadísticos Descriptivos.....	29
3.12.2	Análisis de Regresión Lineal	30
3.12.3	Análisis Multivariado.....	31
3.12.4	Análisis de Componentes Principales	31
4	LOCALIZACIÓN.....	32
4.1	Ubicación Geográfica	32
4.2	Características Climáticas de la Zona	34
4.2.1	Clima	34
4.2.2	Temperatura	34
4.2.3	Flora	34
4.2.4	Suelos.....	35
4.2.5	Vegetación.....	35
5	MATERIALES Y METODOS	36
5.1	Materiales.....	36
5.1.1	Material Genético.....	36
5.1.2	Materiales de Campo.....	36
5.1.3	Materiales de gabinete	36
5.2	Metodología	36
5.2.1	Reconocimiento del Área del Estudio	36

5.2.2	Identificación de Presencia de Monilia.....	37
5.2.3	Protocolo de Evaluación factores agroambientales de diferentes condiciones de sitio donde están establecidos los 55 árboles promisorios de cacao	37
5.2.4	Evaluación de características de manejo de los 55 árboles promisorios de cacao.....	49
5.2.5	Determinación de presencia de especies de dosel de sombra asociadas a 55 árboles promisorios de cacao.	49
6	RESULTADOS Y DISCUSION.....	50
6.1	Variables Agroambientales de las Condiciones de Sitio de los 55 Arboles Promisorios de Cacao	50
6.1.1	Condiciones Climáticas Área de Estudio	50
6.1.2	Edad Promedio de los Cacaotales.....	52
6.1.3	Rendimiento de 55 árboles de cacao	52
6.1.4	Diámetro de Árboles de Cacao.....	54
6.1.5	Relación edad de planta con altura base de copa y altura total del cacao	56
6.1.6	Apertura de Copa	57
6.1.7	Angulo de inserción	58
6.1.8	Frecuencia de especie de dosel de sombra asociadas al cacao	59
6.1.9	Variación de Follaje Dosel de sombra	60
6.1.10	Alturas de dosel de sombra asociadas a 55 árboles de cacao.....	61
6.1.11	Densidad de copa de dosel de sombra	62
6.1.12	Presencia de Materia Orgánica	63
6.2	Respuesta del grado de tolerancia de las plantas de cacao con el efecto del manejo.....	64
6.2.1	Distancia de Plantación	64
6.2.2	Manejo de Poda.....	66
6.2.3	Intervalo de remoción de mazorcas infectadas de monilia	67
6.2.4	Análisis Manejo de Cacao	68
6.3	Análisis agroambiental a la respuesta de material tolerante a moniliasis.....	69

6.3.1	Altura VS Índice de Monilia.....	69
6.3.2	Diámetro de Copa.....	70
6.3.3	Nivel de Autosombra	70
6.3.4	Pendiente	71
6.3.5	Análisis de Relación Índice de Monilla con condiciones de Sitio	72
7	CONCLUSIONES	75
8	RECOMENDACIONES	78
9	BIBLIOGRAFÍA.	79

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Analisis de frecuencia edad de planta de cacao.....	52
Cuadro 2. Estadísticas descriptivas rendimiento de 55 arboles de cacao	52
Cuadro 3. Estadísticas descriptivas del diametro de arboles de cacao	54
Cuadro 4. Regresión y estadísticos asociados entre variables diámetro y edad del árbol de cacao.....	55
Cuadro 5. Resumen de estadísticas descriptivas sobre altura total y altura base de copa en cacao.	57
Cuadro 6. Analisis de regresión logística del angulo de inserción y apertura de copa en cacao.....	59
Cuadro 7. Resumen de estadísticas descriptivas Materia Organica asociada al cacao	63
Cuadro 8. Analisis de regresion y estadisticos asociados.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la Ubicación de las Parcelas Demostrativas de Productores.	33
Figura 2 Ciclo de Vida del Hongo <i>Moniliophthora roreri</i> (tomado de Robles, 2008) ..	37
Figura 3. Delimitación de la Superficie de Muestreo R=12,60 Metros.....	38
Figura 4. Toma de Coordenadas del Cacao	38
Figura 5. Medición del Diámetro de Tronco del Cacao	39
Figura 6. Medición de Altura Base de Copa y Altura Total del Cacao.....	40
Figura 7. Identificación de Apertura de la Copa del Cacao	40
Figura 8. Conteo de Ramificación Primaria y angulo de inserción de la Planta	41
Figura 9. Medición de Auto Sombra del Arbol del Cacao	42
Figura 10. Determinación de los Sectores.....	42
Figura 11. Medición de Diámetro de Copa arbol de cacao	43
Figura 12. Identificación del Arbol forestal o Frutal y Georeferenciacion	44
Figura 13. Medición Diámetro de Tronco DAP, arbol forestal asociado a cacao	44
Figura 14. Medición de la Altura Copa y Altura Total del Arbol Forestal o Frutal	45
Figura 15. Medición del Diámetro de Copa del Arbol Forestal.	46
Figura 16. Aporte de Sombra tipo de Copa y la Variación del Follaje.	47
Figura 17. Variación de follaje especies de sombra.	47
Figura 18. Evaluación de Cantidad de Materia Orgánica del Suelo	48
Figura 19. Medición de la Pendiente	48
Figura 20. Comportamiento de la precipitación y temperatura gestión 2016 y 2017(enero, febrero y marzo).....	51
Figura 21. Relación rendimiento versus edad del árbol de cacao	53
Figura 22. Relación diámetro de tronco y edad del árbol de cacao.....	55
Figura 23. Relación Altura Total y Base de Copa con edad árbol de cacao	56
Figura 24. Proporción de categorías a la apertura de copa de 55 árboles de cacao.	58
Figura 25. Frecuencia de especies de dosel de sombra asociada al cacao	59
Figura 26. Variación de follaje de especies de dosel de sombra asociada a 55 árboles de cacao.....	60

Figura 27. Representación gráfica de altura de dosel de sombra frecuentes en cacao	61
Figura 28. Representación gráfica densidad de copa dosel de sombra frecuentes en cacao.....	62
Figura 29. Representación gráfica relación presencia de material orgánico con presencia índice de monilia.....	64
Figura 30. Representación gráfica relación Densidad de plantación con presencia índice de monilia.	65
Figura 31. Representación gráfica relación tiempo de poda con presencia índice de monilia.....	66
Figura 32. Representación gráfica relación intervalo remoción de mazorcas con presencia índice de monilia.....	67
Figura 33. Análisis de componentes principales de Manejo de cacao.	68
Figura 34. Representación gráfica relación altura ubicación de árbol con presencia índice de monilia.	69
Figura 35. Representación gráfica relación Diámetro de Copa de árbol de cacao con presencia índice de monilia.....	70
Figura 36. Representación gráfica relación Densidad de Autosombra de árbol de cacao con índice de monilia.	71
Figura 37. Representación gráfica relación pendiente ubicación de árbol de cacao con índice de monilia.....	72
Figura 38. Análisis de componentes principales de condiciones de sitio.	73

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Base de datos características de 55 arboles de cacao	88
Anexo 2. Base de datos manejo condiciones de sitio de 55 arboles de cacao	89
Anexo 3. Fotografía Delimitación muestral de condiciones de sitio de arboles de cacao.....	90
Anexo 4. Fotografía Condiciones de sitio de arboles de cacao.....	91
Anexo 5. Fotografía parcela de cacao con dosel de sombra permanente.....	92
Anexo 6. Fotografía parcela de cacao con dosel de sombra temporal cultivo asociado	93
Anexo 7. Fotografía parcela de cacao con dosel de sombra temporal.....	94
Anexo 8. Medida alturas de dosel de sombra con clinometro	95
Anexo 9. Productor de cacao accediendo al muestreo de su parcela.....	95
Anexo 10. Equipo de tesis Sub Proyecto Cacao 2016	96
Anexo 11. Equipo técnico de campo Estación Experimental Sapecho 2016	96
Anexo 12. Cosecha de cacao Estación Experimental Sapecho 2016.....	97
Anexo 13. Amigos y compañeros de tesis CIPyCA Alto Beni-2016	97

RESUMEN

El presente estudio se llevo a cabo en la region de Alto Beni-Bolivia, con comunidades productoras de cacao, con el objetivo fue evaluar las características prediales y medir el grado de influencia para las condiciones de presencia de monilia. Los resultados muestran que la población mayoritaria de los árboles de cacao tienen entre 15,6 a 42 años con un diámetro promedio de 21,34 cm, respecto a su altura total como altura base de copa son semejantes entre sí en el que la edad no es influyente. La apertura de copa presentó la categoría semiabierta 58%; respecto del dosel de sombra que va asociada al árbol de cacao fue mayormente cítricos (22 %) de un total de 49 especies identificadas, las otras fueron chima (15 %), mara (12%) y flor de mayo (5%) como los más frecuentes y de variación de follaje perenne (75%) y un 25% caducifolio de los cuales el dosel de sombra considerada fue mayor a 5 m como: Banano, Cítricos, y Achachairu, Huayabochi, , Isigo y Villca estos últimos con muestras únicas de altura mayor a 20 m por lo tanto menos frecuentes como dosel de sombra para el cacao, las especies más frecuentes entre los cacaotales miden de 10 a 20 m. La densidad de sombra del dosel en su mayoría fue un nivel de 50%. La presencia de materia orgánica presente en cada árbol de cacao fue de 0,59 a 2,49 kg/m². La distancia mayormente manejada fue de 4x4. El análisis de presencia de monilia frente a estas características de manejo muestran que el índice tiende a bajar (-0,0721) conforme la densidad fuera menor (5,5x5,5). El manejo de podas que realizan la mayoría de los productores (85%) es en los meses de julio, agosto y septiembre de categoría intermedia, la incidencia es baja cuando la poda es periódica durante el año y mayor cuando no se realiza ninguna poda. En el análisis de altura ubicación del cacao como condición de sitio respecto la enfermedad, existe la tendencia de bajar la incidencia a mayor altura, La autosombra de la planta de cacao presento en su mayoría un nivel del 50% con el 70% de las muestras totales de los cuales esta población muestra mayor porcentaje de presencia de monilia, y con una tendencia de incrementarse cuando este obtuviera una autosombra del 75% o reducirse cuando presente una autosombra de 25%, La pendiente se relacionó con la presencia de monilia donde el índice se reduciría a mayor pendiente.

ABSTRACT

The present research was carried out in the Alto Beni-Bolivia region, with cocoa producing communities, with the objective of evaluating the predial characteristics and measuring the degree of influence for the conditions of presence of monilia. The results show that the majority population of cocoa trees are between 15.6 and 42 years old with an average diameter of 21.34 cm, with respect to their total height as the base height of the crown they are similar to each other in which age does not It is influential. The cup opening presented the semi-open category 58%; Regarding the shade canopy associated with the cacao tree, it was mainly citrus (22%) out of a total of 49 identified species, the others were Chima (15%), Mara (12%) and Flor de mayo (5%). the most frequent and variation of perennial foliage (75%) and 25% deciduous, of which the shade canopy considered was greater than 5 m as: Banana, Citrus, and Achachairu, Huayabochi, Isigo and Villca the latter with samples only taller than 20 m, therefore less frequent as a shade canopy for cocoa, the most frequent species among the cacao plantations measure from 10 to 20 m. The shade density of the canopy was mostly at a 50% level. The presence of organic matter present in each cacao tree was from 0.59 to 2.49 kg / m². The distance mostly handled was 4x4. The analysis of the presence of monilia against these management characteristics shows that the index tends to fall (-0.0721) as the density is lower (5.5x5.5). The pruning management performed by most producers (85%) is in the months of July, August and September of intermediate category, the incidence is low when pruning is periodic during the year and higher when no pruning is carried out. In the analysis of the location height of cocoa as a site condition for the disease, there is a tendency to lower the incidence at higher altitudes. The autosombra of the cacao plant was mostly 50% with 70% of the samples total of which this population shows higher percentage of presence of monilia, and with a tendency to increase when it obtained a self-shade of 75% or reduced when it presents a self-shade of 25%, The slope was related to the presence of monilia where the index would be reduced to higher slope.

1 INTRODUCCIÓN

La producción mundial de cacao en grano alcanzo a 4039000 t en la campaña 2015-2016, siendo el continente Africano como el mayor productor de cacao que representa el (73%), seguido por America Latina (17%); en tanto para Asia y Oceanía que oferta el restante (10%) de la producción mundial (ICCO, 2016).

En Bolivia, el cacao se cultiva en tierras bajas de los departamentos de La Paz, Beni, Pando, Santa Cruz y Cochabamba, encontrándose en forma silvestre; la zona de mayor producción de cacao se ubica en zona de Alto Beni. El 70% de los ingresos de los hogares Alto benianos proviene del cacao, con una producción de 1000 t/año de las cuales 200 t/año son de cacao certificado orgánico y de comercio justo, que se procesan en la industria de la Central de Cooperativas “El Ceibo “ y se exportan al mercado internacional (July,2007).

El auge que experimenta la actividad cacaotera en Latino américa está limitado por el grave impacto de las enfermedades y el bajo desempeño de muchas plantaciones debido a razones genéticas y de manejo. El uso de prácticas agrícolas apropiadas, permitiría incrementar la producción y combatir las enfermedades en forma eficaz, duradera, económica y amigable con el ambiente.(Mora,Leal,Quiros, & Arias, 2012).

La moniliasis una enfermedad que se encuentra principalmente en América Latina y su distribución llega a 13 países son Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Perú, Panamá, Bolivia y Venezuela (Philips, 2012). Los reportes sobre monillaisis indican que para el 2013 las pérdidas en la producción para Colombia superaron el 40%; Ecuador; Perú 53% Bolivia es 56% perdidas económicas en la industria chocolatera mundial (SENASAG, 2013).

La tolerancia a la monillaisis en las plantas de cacao responden a factores genéticos y ambiental (Trujillo, Attanasi, 2008). Los factores ambientales relacionados con la monilia juegan un papel importante durante la infección y desarrollo del hongo, a

diferentes condiciones atmosféricas, estas variables son modificadas por la acción de la vegetación presente en un determinado sitio, generando microambientes óptimos para los patógenos dentro de su área de influencia, debido a la interacción entre la planta, nutrientes, ambiente y microorganismos (Correa *et ál.*, 2014; Albuquerque *et ál.*, 2005; Merchán, 1981; Hill y Waller, 1988; Velasco, 2000). Estudios mencionan que el dosel de sombra tiene efecto mayor en café y cacao (Delgado *et al.*,1993; Porras *et al.*,1990).

Las condiciones culturales, sociales, ambientales y económicas determinan el tipo de diseño y el manejo que reciben los árboles para sombra, criterios como la facilidad de propagación, manejo, la interacción benéfica con los cultivos, los usos o beneficios el valor económico en el mercado, son los criterios que más utilizan los productores para seleccionar y manejar los árboles para sombra, los productores conocen los beneficios de las especies y las seleccionan y manejan de acuerdo con sus criterios de valor e importancia. Sin embargo, en muchos casos, los árboles de sombra no tienen arreglos ni distancias de siembra regulares, muchos no son aptos para el propósito de sombra y no reciben un manejo con base en los requerimientos de sombra del cultivo.

Es en este sentido,que se plantea el presente trabajo de investigación que tiene por finalidad describir las condiciones agro-ambientales en las que se encuentra las plantas de cacao en las parcelas productivas, para establecer una base de datos de referencia sobre estos aspectos tomando como componentes de estudio el manejo agronómico del cultivo y del dosel de sombras los aspectos climáticos y de estudio de productividad por las plantas seleccionadas para el estudio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar las interacciones de factores agroambientales sobre la respuesta de 55 plantas promisorias de cacao con diferentes grados de tolerancia a moniliasis en parcelas de productores de Alto Beni.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los factores agroambientales de diferentes condiciones de sitio donde están establecidos los 55 árboles promisorios de cacao.
- Identificar la diversidad florística que forman parte del dosel de sombra comun de los 55 árboles promisorios de cacao de diferentes grados de tolerancia a moniliasis.
- Determinar el efecto del manejo sobre la respuesta al grado de tolerancia de las plantas de cacao tolerantes a moniliasis.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 El Cacao (*Theobroma cacao* L.)

3.1.1 Origen

El cacao es fruto originario de América del Sur, apareció por primera vez hace 4000 años al Este de los Andes, específicamente al Sur del lago Maracaibo y el río Magdalena. Se cree que la difusión de cacao al Este del continente se llevó a cabo por el ser humano, los animales y factores meteorológicos como los vientos y agua (Attanasi, 2007).

3.1.2 Cacao en Bolivia

El cacao se cultiva en Bolivia en las zonas tropicales de los departamentos de La Paz, Beni, Pando, Santa Cruz y Cochabamba, encontrándose en forma silvestre en dichos lugares; siendo la zona de mayor producción Alto Beni, en el departamento de La Paz (July, 2007).

El cultivo de cacao en Alto Beni es una de las principales actividades agrícolas, con una producción de mil toneladas por año y constituye el 70 % de los ingresos de los hogares Alto Benianos (July 2002, Somarriba y Trujillo 2005, Miranda y Somarriba 2005).

3.1.3 Cronología Cultivo del Cacao en Bolivia

El cacao nacional Boliviano (CNB) es el más antiguo presente en Alto Beni. Sin embargo, aproximadamente hace unos 50 años se inició la introducción de material foráneo. La cronología descrita por Somarriba y Trujillo (2005) es la siguiente:

a) Cacao nacional boliviano fue introducido por los jesuitas entre 1739 a 1809 (Cortés, 1997) y fue cultivado por nativos mosetenes desde hace más de 240 años con la ayuda de misioneros franciscanos. El cultivo del cacao se mantuvo sin cambios hasta el inicio de la colonización entre 1960 a 1980.

b) La Corporación Boliviana de Fomento y el Instituto Nacional de Colonización, promovieron el cacao como el principal cultivo en la zona de Alto Beni, a partir de 1960. En 1962 se introdujo semilla híbrida de los cruces: SILECIA-1 x SCA-6; SILECIA-5 x SCA-6 que procedían de Ecuador, Perú y Trinidad-Tobago (Universidad de West Indies) introdujo germoplasma diverso de su colección internacional, con los que se produjo semilla híbrida y se establecieron las primeras colecciones de germoplasma en la Estación Experimental de Sapecho, Alto Beni.

c) En 1980 se introducen clones internacionales del banco de germoplasma del CATIE (Costa Rica).

d) El año 2001 se introducen clones internacionales de la Universidad de Reading; Gran Bretaña por iniciativa de USDA/CICAD.

f) Entre 2002 y 2005, CATIE introduce clones como el CCN-51 y materiales superiores locales élites identificados por El Ceibo en los últimos 10 años.

3.1.4 Importancia del Cultivo Cacao

El cacao es originario de los trópicos del Norte de América del Sur, América Central hasta el Sur de México en donde se encontraron a los árboles de cacao en estado de semi cultivo; posteriormente se revela que era nativo de una amplia área de los valles de los ríos Amazónicos, Orinoco y de las Guayanas (Ochse ,1965).

El cacao era consumido por los nativos como una bebida fuerte, amarga y aromática preparada en base a las semillas, los granos también lo utilizaban como moneda en muchas regiones; cuando Cortés conquista a México en el año se descubrieron grandes cantidades de este grano entre los tesoros almacenados en los palacios reales.

En los últimos años la demanda de chocolate oscuro, llamado también como negro o amargo ha subido de manera sostenida en el mercado internacional impulsado por las preferencias de los consumidores que demandan y reconocen las cualidades del

producto de origen únicas de la materia prima para la confección de chocolates especiales (Ochse ,1965)

3.1.5 Variedad Genética

Existe una gran variedad de formas y poblaciones muy diferentes de la especie *Theobroma cacao* según estudios clasificatorios alternativos la tradicional basada en tres grandes. La especie se origina en la parte superior del territorio amazónico, incluyendo Perú, pero fue domesticada primero en Mesoamérica (Counet *et al.*, 2004; Ndukwu *et al.*, 2010; Yamada 2001).

Los programas de mejoramiento están, hasta hoy, dirigidos a un aumento de los rendimientos y a una mayor resistencia a plagas; principalmente, se han aprovechado efectos de heterosis después del cruce de individuos de diferentes linajes genéticos (Motamayor *et al.*, 2003).

La delimitación clásica de grupos, ya sin base científica, puede resumirse de la siguiente manera: el grupo Forastero abarca una alta variabilidad genética, mientras que las formas Criollo son genéticamente más estrechamente definidas. El grupo Trinitario comprende híbridos entre los dos primeros grupos. La mayoría de las formas de cacao cultivadas mundialmente hoy en día son híbridos de orígenes mixtos que no pueden ser completamente incluidos dentro de esta división clásica. Un estudio reciente basado en datos moleculares clasifica las formas conocidas en 10 conglomerados principales o grupos (Motamayor *et al.*, 2008).

La clasificación actual del germoplasma de cacao reconoce la presencia de las siguientes poblaciones mayores: (Motamayor 2008; Zhang *et al.*, 2012 y July, 2007).

- Amelonado (Brasil)
- Contamana (Perú)
- Criollo (Países de centro América, Venezuela Colombia y Ecuador)
- Curaray (Ecuador)
- Guiana (Brasil)

- Iquitos (Brasil y Perú)
- Marañon (Brasil y Perú)
- Nacional (Ecuador)
- Nanay (Brasil y Perú)
- Purus (Brasil)
- Huallaga (Perú)
- Ucayali (Perú).
- Beni (Bolivia)

3.2 Requerimiento de Clima y Suelo para el Cacao

El cacao es una especie humbrofila, es decir requiere de sombra para su crecimiento, desarrollo y buena producción (INTA, 2010).

3.2.1 Temperatura, Precipitación y Humedad Relativa

La temperatura adecuada que requiere el cacao, está en un rango de 22 a 27 °C.; las precipitaciones entre los 1,500 y 3,500 mm/año, con una distribución no menos de 150 mm/mes y la humedad relativa no debe ser inferior al 60 % durante el día, sobre todo en la estación seca. Los ambientes húmedos propician el desarrollo de enfermedades y en periodos secos los suelos con insuficiente reserva de agua no pueden satisfacer la demanda de agua provocando stress en la planta (INTA ,2010).

3.2.2 Luz

El cacao según el mismo autor responde bien con 5 horas de brillo solar, la alta intensidad de luz en suelos pobres y secos, matan los arboles de cacao. Se requiere de más sombra en suelo pobres y más luz en suelos fértiles; en las zonas nubosas se mantendrá pocos árboles de sombra.

3.2.3 Suelos

Los suelos deben ser profundos para un buen desarrollo radicular, con capacidad para retener agua, porosidad suficiente para permitir la penetración de raíces, la circulación del aire y la adecuada infiltración y percolación del agua (INTA ,2010).

3.2.4 Acidez del Suelo

La acidez es una de las características más importantes de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos, (Paredes,2003).

El mismo autor refiere que el cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. También se adapta a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan de pH 4,5 hasta el pH de 8,5, sin embargo, la producción es muy deficiente, en estos suelos se debe aplicar correctivos.

3.2.5 Drenaje y Aireación

los suelos con un horizonte húmico de color oscuro uniforme, con profundidad de un metro o mayor, son suelos bien drenados, con buena capacidad de retención de humedad y con buena aireación (INTA, 2010).

3.2.6 Pendiente del Terreno

El cacao se desarrolla y produce bien en terrenos planos y con pendientes hasta de 15%. Es aceptable el cultivo en pendientes hasta de un 30% dependiendo del tipo de suelo sin mantos rocosos cerca de la superficie (INTA ,2010).

3.2.7 Vientos

El cacao no soporta vientos continuos debido a que éstos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. En regiones donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg, con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones

fuertes. Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg no se observa este problema. Por ello son recomendables los cortavientos o su plantación en sistemas agroforestales donde además se tiene un aprovechamiento de otras especies frutales o maderables, (Paredes, 2003).

3.2.8 Materia Orgánica

La materia orgánica es uno de los elementos que favorece la nutrición del suelo y a través de ésta a la planta según el mismo autor su contenido en el suelo influye en las condiciones físicas y biológicas de la plantación. Así mismo, favorece la estructura del suelo posibilitando que éste se desmenuce con facilidad. Al mismo tiempo, evita la desintegración de los gránulos del suelo por efecto de las lluvias. Otro factor importante de la materia orgánica es que constituye el alimento de micro elementos del suelo que participan en forma activa en la formación y desarrollo del suelo. Producto de la descomposición de la materia orgánica en el suelo se obtiene el humus que constituye un depósito de calcio, magnesio y potasio (Paredes,2003).

3.3 Manejo del Cacao

3.3.1 Poda del Cacao

En cacao el propósito de la poda es mantener un árbol sano, productivo y de fácil manejo; durante los primeros tres años va dirigida a eliminar chupones y despuntar ramas prolongadas. En la etapa adulta la poda orienta a conservar la forma natural del árbol, manteniendo un solo tronco, una sola horqueta y un buen estado sanitario libre de ramas y frutos enfermos, de parásitas y nidos de comején (FHIA,2004).

La presencia de la moniliasis, se hace necesario practicar podas periódicas, para mantener realzada y abierta las copas del cacao, y así permitir una mayor aireación y entrada de luz solar dentro del cacaotal, y a la vez se trata de bajar la altura del árbol, para facilitar la eliminación de frutos enfermos y de esta manera reducir la fuente de inóculo en el ambiente (Sarabia,2008).

3.3.2 Poda de Formación

Se efectúa durante el primer año de edad del árbol, y consiste en dejar un solo tallo y observar la formación de la horqueta o verticilo, el cual debe formarse aproximadamente entre los 10 y 16 meses de edad de la planta, con el objeto de dejar cuatro o más ramas principales o primarias para que formen el armazón y la futura copa del árbol. Estas ramas principales serán la futura madera donde se formará la mayoría de las mazorcas, lo mismo que en el tronco principal. Cuanto más tierno sea el material podado, mejores resultados se obtienen. En el segundo y tercer año se eligen las ramas secundarias y así sucesivamente, hasta formar la copa del árbol. Se eliminarán las ramas entrecruzadas muy juntas, y las que tienden a dirigirse hacia adentro (Sarabia ,2008).

3.3.3 Poda de Mantenimiento

La poda de mantenimiento se realiza desde los dos o tres años de edad los árboles deben ser sometidos a una poda ligera por medio de la cual se mantenga el árbol en buena forma y se eliminen los chupones y las ramas muertas o mal colocadas. El objetivo de esta poda es conservar el desarrollo y crecimiento adecuado y balanceado de la planta del cacao (Sarabia ,2008).

3.3.4 Poda Fitosanitaria

Sarabia (2008) menciona que se deben eliminar todas las ramas defectuosas, secas, enfermas, desgarradas, torcidas, cruzadas y las débiles que se presenten muy juntas. Debe comprender también la recolección de frutos dañados o enfermos.

3.3.5 Poda de Rehabilitación

Esta práctica consiste en hacer una poda drástica al árbol de cacao eliminando el 70% del follaje, permitiendo posteriormente la formación de nuevos brotes los cuales serán seleccionados tomando en consideración el tipo de brotación (plagiotrópica), es decir que en el futuro se constituyan en ramas con lo cual se lograría disponer de una copa renovada (Sarabia ,2008).

Esta poda se debe realizar en plantaciones que no han recibido este tipo de prácticas y por cuya razón han desarrollado copas compactas con dos o más estratos, cerrando completamente el follaje y evitando la ventilación dentro de la parcela. La finalidad de esta práctica es proporcionar la estructura deseada, tanto en las plantas como en la plantación misma (Rodríguez, 1980).

Bastos y Evans, 2001 citados por Grisales y Cubillos (1985), mencionan que rehabilitaron cultivos de cacao en Brasil, que se consideraban irrecuperable por medio de podas fitosanitarias y fuertes. Ellos indicaron que la renovación total o parcial de la parte aérea de los árboles con edades superiores a los 25 años y severamente deteriorados por el ataque de escoba de bruja, permitía recuperar la producción dos años después (Sarabia, 2008).

3.4 Sistemas de Cultivos Asociados con Cacao

Los cultivos asociados, son técnicas de cultivo de cacao asociado con otros cultivos tropicales generando una simbiosis, practicada por los agricultores de la zona con la finalidad de diversificar la producción agrícola, que permite, no solo un mejor aprovechamiento de las áreas cultivadas, sino también la generación de ingresos económicos adicionales reduciendo los costos de producción (ECOTOP, 2010).

3.4.1 Sistemas Agroforestales con Cacao

Los sistemas agroforestales con cacao es una técnica de cultivo que surge por la necesidad de restaurar el déficit de energía de los suelos, a través de la incorporación de plantaciones densas con especies de distintos ciclos de vida, de esta manera aportando biomasa en forma de tallos, ramas, hojas y frutos que a través de los microorganismos dispondrán de nutrientes a los suelos y, que serán aprovechados por los cultivos (ECOTOP, 2010).

3.4.2 Ecología del Cultivo de Cacao

Es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura baja, siendo su límite medio anual de temperatura los 21 °C. Cuando ésta es menor a 21 °C la floración es menor, comparada con temperaturas de 25 °C, donde la floración es normal y abundante (Ramos *et al.*, s.f.).

Se requiere una precipitación de 1200 a 2500 mm anuales bien distribuidos. Este es un factor de importancia para decidir si un área posee las condiciones óptimas para el establecimiento del cultivo. La altura desde el nivel del mar hasta los 400 m.s.n.m es la óptima para el cultivo de cacao (Ramos *et al.*, s.f.).

3.5 Establecimiento de la Sombra

El sistema agroforestal implica el asocio en el tiempo y el espacio de dos o más especies, en una misma área. Para que un árbol sea considerado como sombra debe contar con las siguientes características (Ramos *et al.*, s.f.).

- La copa del árbol de sombra no debe abrir a la misma altura que la del cacao. Suministrar una sombra intensa en el verano y rala en el invierno, por lo que es indispensable que no bote las hojas en el verano y permita la poda en el invierno.
- Ser fácil de establecer, con valor comercial y preferiblemente utilizando las especies nativas del tipo leguminoso.
- Ser de raíces profundas que no compitan con las del cacao por humedad y nutrientes.
- No ser huésped de plagas y enfermedades que afecten al cacao.

- Producir abundante materia orgánica.

3.5.1 Sombrío Temporal

Son plantas que acompañan al cacao en los primeros 3 o 4 años de su establecimiento.

Algunas de las especies transitorias más usadas para sombra temporal son:

- Banano (*Mussa AM*).
- Plátano (*Musa AAB*). Papaya (*Carica papa Q*). (Higuerilla *Ricinus sp.*).
- Frijol gandul (*Cajanus indcus*). Leucaena (*Leucaena eucoceph(a)*). Maiz.Arroz, entre otros.

3.5.2 Sombra Permanente

Acompaña al cacao durante la mayor parte de su vida. Se debe sembrar antes o simultáneamente con la sombra temporal. Entre las especies más utilizadas están:

- Los frutales (papaya, cítricos, mamón chino, rambután (*Nephelium sp.*),
- Los árboles maderables como el laurel (*Cordia alliodora*), la teca (*Tectona grandis*), la leucanea (*Leucaena sp.*), el cedro (*Cedrela odorata*).
- La guaba (*Inga sp.*) y otras muchas especies nativas de las zonas de crecimiento rápido (Echeverri,2015).

3.6 Componentes del Dosel de Sombra en el Cultivo de Cacao

3.6.1 Los Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales comprenden la amplia variabilidad de sistemas en el uso de la tierra donde especies perennes, leñosas (árboles y arbustos) se cultivan en una combinación interactiva con cultivos y/o animales para múltiples propósitos (biológicos y económicos), y se considera como una opción viable para el manejo eficiente y

sostenible de la tierra y recursos naturales (Boscán y Escalante, 1998; Krishnamurthy y Ávila 1999, Saldías *et al.*, 1994).

En el sistema agroforestal existe una diversidad de productos que lleva a la estabilidad ecológica y financiera, reduciendo la incertidumbre y los riesgos para el productor. Estabilidad es el grado de constancia de la producción de cosecha a cosecha ante fuerzas perturbadoras del medio ambiente circundante (Ludewigs *et al.*, 1998).

Estos sistemas, además, de tener mayor biodiversidad que otros sistemas agrícolas como los monocultivos, representan sumideros importantes de carbono (secuestro de carbono), que no son considerados en el pago como servicios ambientales debido entre otras razones a la ausencia de información cuantificada sobre el potencial de almacenamiento y fijación (Beer, 1993; Avila *et al.*, 2001; Estrada, 2002 citado por Suatunce).

3.6.2 Cacao en Sistemas Agroforestales

Las plantaciones de cacao son establecidas bajo diferentes condiciones, desde la exposición plena al sol hasta condiciones mínimas de luz en plantaciones bajo bosque natural raleado y con abundantes especies de regeneración, estos sistemas pondrían parecer un bosque natural, por ello son ideales para proteger el suelo, conservar el agua y mantener una alta biodiversidad (Boscán y Escalante, 1998; Sánchez, 1999).

El cultivo de cacao bajo sombra permanente de árboles es un sistema agroforestal tradicional en zonas tropicales, estos sistemas forman un gradiente que va desde el manejo rústico hasta la utilización de sombra comercial con frutales y maderables, la mayor parte de las plantaciones están en manos de pequeños y medianos productores (Pereira, 1971 y Boulay *et al.*, 2000).

Los mismos autores indican que los rendimientos bajo condiciones de sombra extrema son bajos (300 a 400 kg ha⁻¹ año⁻¹) en comparación con sombra de una sola especie o sombra manejada (700 kg ha⁻¹ año⁻¹); sin embargo los rendimientos aumentan hasta

un 200 % en plantaciones a pleno sol con remoción de sombra y fertilización (1500 a 2000 kg ha⁻¹ año⁻¹).

3.6.3 Dosel de sombra

El dosel es el conjunto de hojas y ramas que ocupan un volumen determinado sobre el piso de la plantación. En las especies de sombra, el dosel está compuesto por el volumen de hojas y ramas que va desde la base de la copa hasta la altura máxima del árbol (Melnyk , 1997 y Somarriba, 2002).

En Alto Beni, los cacaotales no reciben fertilizantes ni abonos, por lo que la productividad del cultivo y el mantenimiento de la fertilidad natural del suelo a largo plazo. Dependen del aporte de biomasa y de su descomposición. Diferentes especies en el dosel de sombra producirán notables diferencias en las condiciones micro climático, la composición química, cantidad y distribución mensual de la hojarasca que cae al suelo, en su descomposición, abastecimiento de nutrientes al cultivo y en la funcionalidad del micro y macro fauna del suelo. Conocer las funciones del micro y macro organismos en el proceso de descomposición de sustratos de diferentes especies arbóreas, permitirá tener una idea clara de cómo y cuándo los nutrientes que se encuentran en las hojas de los árboles de sombra son depositados, descompuestos, liberados y recapturados. Información que será de utilidad para el manejo del ciclaje de nutrientes y el mantenimiento de los procesos biológicos del suelo (Beer et al.,1998 , Somarriba y Beer , 1999 ; Schroth *et al.*, 2003).

3.6.4 Las Plantas del Dosel de Sombra

Los árboles de sombra en el dosel, útiles o no, interceptan parte de la radiación Solar, proyectan sombra dentro de la plantación, aportan hojarasca y residuos de podas que cubren el suelo, reducen el impacto de las gotas de la lluvia, mejoran la estructura del suelo, aumentan el contenido del N en el suelo y la retención de nutrientes (Beer *et al.*, 1998).

En el dosel, la copa de cada especie leñosa se ubica a cierta altura sobre el suelo y posee características particulares de forma, tamaño, densidad (opacidad) y patrón fenológico (especialmente, la intensidad y cronología de la caducidad de las hojas) que determinan las características de la sombra que proyecta sobre los estratos inferiores del dosel (Somarriba, 2004).

3.6.5 Estratificación Vertical

La distribución de las copas en el perfil vertical del dosel tiene efectos sobre la cantidad de sombra que recibe cada punto sobre el suelo, las copas altas dan sombra rala mientras que las copas bajas dan sombra densa. Las sombras de copas altas transitan más rápido sobre el suelo que las sombras de copas bajas, los términos sombra rala o sombra densa significan sombras rápidas y lentas, y desde el punto de vista de los cultivos en los estratos bajos del dosel estos términos equivalen a menos o más horas recibidas de sombra por día (Somarriba, 2004).

La distribución vertical de los cacaotales se analiza dividiendo el dosel en estratos de altura, así los cacaotales de indígenas de Talamanca, Costa Rica, cuentan con cuatro estratos bien diferenciados (Somarriba y Harvey, 2003):

a) El piso de la plantación. Entre 0-1 m de altura, varía mucho dependiendo de si la sombra es densa o rala, las gramíneas son notorias en cacaotales con insuficiente sombra, generalmente cuenta con solo una gruesa capa de hojarasca.

b) El estrato bajo. Entre 2-8 m de altura, contiene las plantas de cacao, plátanos y bananos, frutales de porte bajo, latizales y fustales de árboles.

c) El estrato medio. Entre 9-25 m de altura, contiene árboles de pacay (*Inga edulis*), naranjas (*Citrus* sp.) y otros cítricos, mamón chino (*Nephelium lappaceum*), chimas (*Bactris gasipaes*), cola de pava (*Cupania cinerea*), cocos (*Cocus nucifera*) y otras especies de frutales.

d) El estrato alto. Entre 26-40 m de altura, contiene árboles dispersos y especies remanentes de bosque original, como laurel (*Cordia alliodora*), guácimo colorado (*Luehea seemanii*), cedro (*Cedrela odorata*), sangrillo (*Pterocarpus officinalis*), almendro (*Dypterix panamensis*), soliman (*Hura crepitans*) y otras especies.

3.6.6 Distribución Horizontal

En Centro América y otros países productores, los cacaotales no siguen arreglos ni distancias de siembra regulares, sin embargo los productores tratan de distribuir la cobertura de las copas lo más homogéneamente posible en la plantación y asegurar que todas las plantas del cultivo reciben similares condiciones agro-ecológicas para crecer y producir (Sánchez ,1999 y Somarriba ,2004).

Los productores homogenizan la distribución espacial de la cobertura plantando o dejando crecer árboles de la regeneración natural en sitios de la plantación donde el dosel tiene espacios sin plantas y eliminando (cortando o anillando) árboles en lugares con alta densidad y sombra excesiva (Rosa, 1993, Somarriba, 2004).

La homogeneidad de la distribución horizontal se evalúa haciendo un croquis de la plantación, dividiéndola en una retícula de 10 x 10 m y anotando el porcentaje de cada celda cubierto por las copas, él área de la retícula es aceptable para acomodar las especies arbóreas comúnmente encontradas en cacaotales y pueden aplicarse a pequeñas plantaciones (0,5 ha). Generalmente la distribución puede ser: dispersa, agrupada o regular (Matteucci y Colma 1982; Nascimento *et al.*, 2001, Somarriba 2004).

3.6.7 Diversidad en Sistemas Agroforestales con Cacao.

La pérdida alarmante en el mundo del bosque tropical, los sistemas agroforestales son una respuesta esperanzadora porque diferentes cultivos son establecidos en asocio con árboles, como se advierte en el caso del cacao. Estos sistemas deben involucrar una diversidad de árboles que ofrezcan productos comerciales y artículos

económicamente importantes que beneficien a los agricultores (Rice y Greenberg, 2000).

La complejidad florística de los sistemas Agroforestales con cacao permite mantener una amplia diversidad de especies animales debido a que la estructura arbórea sirve como alimento y protección. Mientras más diversa es la sombra de un cacaotal, mayor es el potencial para la producción a largo plazo y la conservación de la biodiversidad (Gallina *et al.*, 1996 y Guiracocha *et al.*, 2001).

3.6.8 Selección de Especies para Sombra en Cacao.

Las características más buscadas por los agricultores en Tabasco, México, al momento de seleccionar a los árboles de sombra que establecerán en sus plantaciones son: que proporcionen una sombra óptima, que los árboles sean buenos productores de madera y que los árboles produzcan frutos comestibles. Como se observa la selección de las especies de sombra tiene que basarse en criterios financieros y aspectos prácticos (p. ej., disponibilidad de semilla, facilidad de propagación y poda (Boulay *et al.*, 2000).

Las características deseables de las especies de sombra se pueden agrupar en cinco temas: **a).** Botánica de la especie, **b).** Compatibilidad con el cultivo, **c).** Silvicultura de la especie, **d).** Productos secundarios, **e).** Características de árboles maderables (Ortiz, 2004).

La selección adecuada de árboles para sombra es una tarea difícil, pues ninguna especie reúne todas las características deseables. La selección de especies dependerá de las necesidades o utilidades del cultivo y de los criterios locales de selección por parte de los productores (Yépez, 2002).

3.7 Descomposición de Material Orgánico

De manera general, la descomposición es un proceso que se lleva a cabo a través de la función de la micro, meso y macrofauna del suelo, quienes mediante la

desintegración física y la acción bioquímica transforman complejos orgánicos a moléculas inorgánicas de forma natural. A través de la descomposición las especies vegetales, por su aporte en biomasa, cumplen la función de transferir nutrientes, agua y energía, además de liberar dióxido de carbono (Vilas ,1998 y Bot y Benites, 2005).

3.7.1 Factores que Influyen en la Descomposición

Las condiciones climáticas, composición química del material orgánico, las comunidades de micro y macro fauna del suelo y factores específicos de sitio (microclima) tienen alta influencia sobre la velocidad de la descomposición de la hojarasca (Anderson e Ingram, 1993, Schroth, 2003; Berg y McClaugherty, 2003).

Las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, humedad, presencia de épocas secas y lluviosas) determinarán un patrón de descomposición a escala regional (Paulet al. 2004). Sin embargo, cuando se trata de SAF, otro tipo de factores emergen y modifican las condiciones a nivel de microclima, regulan la temperatura y humedad del suelo principalmente, lo que se refleja en un impacto considerable en la primera fase de la descomposición (Berg y McClaugherty,2003). determinando condiciones específicas a nivel de sistema productivo. También, las características propias de cada lugar, como las propiedades del suelo (textura, CIC, pH, M.O. disponibilidad de nutrientes), topografía (pendiente), estructura y composición de plantas (cobertura) alteran la dinámica de la descomposición por su efecto en el movimiento del agua, disponibilidad de aire, acumulación y distribución de la hojarasca y de la comunidad microbial; de esta manera alteran algunos procesos químico-biofísicos e incrementan las interacciones entre los distintos componentes de un sistema (Berg y McClaugherty,2003).

La forma de crecimiento (perennifolia y caducifolia) es una característica propia de cada especie que determina el momento en que la biomasa de los árboles (ramas y hojas) es integrada al sistema. Ésta característica hace referencia a la estrategia de las plantas en relación a la asignación de C y N para su desarrollo, producción y protección (Heal *et al.*, 1997), y tiene influencia en la cantidad de nutrientes que son

reabsorbidos antes de la caída de las hojas senescentes (Aerts,1996).

Se ha demostrado que las especies de carácter caducifolio tienen en sus hojas senescentes 60 % más nutrientes (N y P) que aquellas siempre verdes (Aerts ,1996). Por tanto, la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de microorganismos y descomposición serán diferentes dependiendo de si la hojarasca proviene de uno u otro tipo de especie. Por ejemplo, las especies que se podan tienen más contenido de nutrientes móviles que las deciduas, ya que estas últimas translocan sus nutrientes antes de la abscisión de las hojas (Schroth, 2003).

3.7.2 Manejo de la Materia Orgánica

En el manejo de la materia orgánica del suelo y sus funciones se debe incluir especies con distinto comportamiento con respecto a la forma de crecimiento (especies perennifolias y caducifolias) con tiempos de retorno y requerimiento de nutrientes y agua contrastados, diferentes intensidades de poda, cantidad y calidad de hojarasca y distribución radicular, que determinarán la disponibilidad de nutrientes en el suelo y su disponibilidad para los microorganismos y el cultivo (Vilas 1998). Mafongoya *et al.*, (1998) y Palm (1995), han demostrado que los patrones de liberación de nutrientes de mezclas de hojarasca de especies diferentes, tienen un promedio ponderado de los patrones de las dos especies separadas, sin embargo, no se ha mostrado un efecto aditivo. Algunos estudios demostraron que puede existir un efecto negativo en la mezcla de hojarasca de especies las que no favorecen el proceso de mineralización de los nutrientes y sobre todo contribuyen a su inmovilización. En tal sentido, la biomasa tiene que ser manejada de manera estratégica para mejorar las condiciones del suelo a través de la estimulación benéfica de la fauna microbial (Schroth ,2003).

3.8 Historia y Distribución Geográfica del Hongo

La enfermedad, conocida con los nombres de Monilia, Pudrición acuosa, Helada, Mancha Ceniza o Enfermedad de Quevedo, es causada por el hongo Monilia (*Moniliophthora roreri* Evans *et al.* (Cif. y Par.). El origen de la enfermedad ha sido

estudiado por varios autores, algunos creen que su centro de origen está en Ecuador y que de ahí pasó a Colombia, Perú, Bolivia y a algunos lugares de Venezuela. En Panamá se la ha encontrado recientemente al Sur del Canal (Evans *et al.*, 2003; Enríquez, 2004).

Esta enfermedad fue reportada en Ecuador, en la Provincia de los Ríos, en el lado occidental de los Andes, siendo denominado el patógeno como *Monilia roreri*. De allí viene el nombre “moniliasis”, término genérico para designar enfermedades producidas por hongos del género *Monilia*. Sin embargo (Evans *et al.*, 1973) determinaron que el agente causales un hongo Basidiomycete, por lo tanto no corresponde a un miembro del género *Monilia*, que se encuentra ubicado dentro de los Ascomycetes. La enfermedad se diseminó posteriormente a Colombia, Venezuela, Panamá, Costa Rica y Honduras. La moniliasis, es una de las enfermedades de mayor importancia en el cultivo de cacao y se caracteriza por dañar frutos de cualquier estado de desarrollo. Afecta a todas las especies de los géneros *Theobroma* y *Herrania* (Arévalo *et al.*, 2004).

3.8.1 Taxonomía

El agente causal de esta enfermedad es *Moniliophthora roreri* Cif. y Par. Evans *etal.*, (2003), a pesar que aún se mantiene en discusión. En 1933 este hongo se colocó en el Phylum Mitospórico; Clase Basidiomycetes; Orden Moniliales; Familia Moniliaceae; Género *Moniliophthora*; Especie *roreri* Cif. & Par (Evans *et al.*, 1981).

De acuerdo a Evans *et al.*, (1981), *M. roreri* representa el estado asexual de un basidiomycete cuyo estado perfecto no es conocido o nunca ha sido formado; pues el micelio de este hongo presenta septas tipo doliporo, característica propia de los Basidiomycetes. De acuerdo a estudios genéticos, *M. roreri* corresponde a una especie del género *Crinipellis*, que incluye al agente causal de la escoba de bruja, *C. pernicioso*, por lo cual, el nombre correcto del agente causal de la moniliasis del cacao sería *C. roreri* (Enríquez , 2004).

3.8.2 Hospederos

En condiciones de campo, *M. royeri* afecta solamente los frutos de plantas de los géneros *Theobroma* y *Herrania*, ambos de la familia Sterculiaceae. Mediante inoculaciones artificiales se ha logrado infectar tallos de cacao, de donde ha sido posible aislarlo posteriormente para las diferentes investigaciones tanto *in vitro* como *in situ* (Enríquez, 2004).

3.8.3 El ciclo de Vida de la Moniliasis

El ciclo del patógeno dura entre 50 y 60 días, desde la infección hasta completar la esporulación (Arévalo *et al.*, 2004). Se puede considerar dos ciclos diferentes dependiendo si el inóculo llega a las mazorcas sanas a partir de frutos con infecciones recientes o de frutos infectados de ciclos anteriores que quedan momificados en el árbol (Yáñez, 2004). Las conidias se producen en cadenas en las superficies de las mazorcas enfermas que siguen siendo verdes, o en las mazorcas que están momificadas y de color negruzco (Purdy, 1999). Arévalo *et al.*, (2004) señala que las esporas permanecen viables 8 a 9 meses después de su esporulación, por lo que se considera como fuente de inóculo primario. Las mazorcas pueden ser infectadas en cualquier edad, siendo los estados iniciales de su desarrollo los más propensos al ataque del patógeno (Bejarano, 1961).

Para la germinación e infección exitosa, las conidias requieren de agua y ambiente saturado mínimo de 5 a 8 horas. La penetración se realiza directamente a través del exocarpo y ocasionalmente por las estomas, avanzando intercelularmente, lo que facilita una esporulación interna de la mazorca (Revisado por Arévalo *et al.*, 2004).

Una vez infectado el fruto, 30 días después empiezan aparecer los primeros síntomas iniciales de la enfermedad, a continuación se presentan unos puntos aceitosos que se atrofian y empiezan a formarse manchas de color marrón a los 15 a 20 días, después de esta etapa empieza a formarse una capa blanquecina que

envuelve gradualmente todo el fruto y 3 a 4 días se llena de esporas secas del hongo, tomando una coloración cremosa (Arévalo *et al.*,2004).

Cuando logra entrar en las etapas iniciales del crecimiento, el hongo aparece capaz de invadir el interior de la mazorca, mientras ésta continúa su crecimiento, sin que en su exterior aparezca ningún síntoma de la enfermedad. A menudo hay mazorcas con estas infecciones ocultas que casi han alcanzado su desarrollo completo, dando la impresión de estar sanas, pero repentinamente aparecen en su superficie las manchas características de la enfermedad (Enríquez, 2004).

Desde la penetración superficial de las hifas hasta el apareamiento de los primeros síntomas transcurren aproximadamente de 6 a 10 semanas, una vez que todos los tejidos han sido consumidos se produce la pudrición y momificación del fruto (Enríquez, 2004).

3.9 Condiciones Físicas que Favorecen el Desarrollo del Patógeno

3.9.1 Precipitación

Épocas con alta precipitación se relacionan con períodos de alta incidencia de la enfermedad. Zonas con precipitación mayor a los 2500 mm y con humedades relativas mayores al 90% la incidencia puede alcanzar valores mayores al 95%. Sin embargo, existe probabilidad de que las lluvias torrenciales generen un efecto negativo sobre el desarrollo de la enfermedad (Castro,1989).

3.9.2 Temperatura

La temperatura es el factor de mayor influencia en la tasa de crecimiento de los hongos (Moore-Landecker,1996). Su incremento provoca el aumento de la actividad enzimática y química, por lo que se acelera la síntesis de vitaminas, aminoácidos y otros metabolitos; sin embargo, una temperatura excesiva puede inactivar dichas actividades y detener el crecimiento. Para *M. royeri*, el rango ideal para el crecimiento y esporulación de las colonias que crecen *in vitro* en medio de

cultivo V8 es de 24 a 28°C (Herrera,1988). De acuerdo con Hawker (1950) el rango de temperatura óptimo para la esporulación de los hongos siempre es menor al rango de temperatura óptimo para el crecimiento de los mismos.

3.9.3 Humedad Relativa

Se considera que una humedad relativa superior al 80% es óptima para el crecimiento del hongo (Castro 1989). El mayor porcentaje de germinación *in vitro* se da a 22,5°C y a 96% de humedad. Sin embargo, para la dispersión de esporas de *M. roreri*, es necesario que la humedad relativa en ese momento sea baja para que las estructuras puedan desprenderse de los frutos esporulados y sean transportadas por el viento u otro medio de disseminación. La mayor tasa de dispersión del hongo se da en horas cercanas al mediodía, cuando la temperatura sube y el aire desplaza la humedad (Campuzano ,1981),

3.9.4 Agua Libre

Para su germinación y desarrollo del tubo germinativo, las esporas requieren de una película de agua sobre el fruto.Según los resultados de Phillips-Mora (1986) el éxito del uso de la cámara húmeda en las inoculaciones artificiales de *M. roreri* radica en que se asegura la presencia de una película de agua sobre la superficie de las mazorcas, en un período adecuado que permite la formación del tubo germinativo de las esporas y lograr así la penetración del patógeno (Galindo , 1985).

3.9.5 Luz

Este efecto estimulador se observa claramente en la formación de anillos alternos concéntricos o zonación que muestra *M. roreri* al exponerse a períodos alternos de luz y oscuridad, donde la luz favorece la formación de estructuras reproductivas (anillos pardo claros de crecimiento rastrero) y la oscuridad favorece al desarrollo vegetativo (anillos color crema, menos esporulados y de crecimiento más aéreo). A pesar de esto Phillips-Mora (2003), observó la formación de anillos concéntricos en cultivos mantenidos en total oscuridad.

Se recomienda un régimen lumínico de 12/12 períodos alternados de luz/oscuridad, con el fin de estimular el desarrollo de las hifas y estructuras vegetativas del hongo (Phillips-Mora , 2003).

3.9.6 Acidez

La germinación de las esporas de *M. rozeri* ocurre entre un pH de 4 y 8, considerándose un pH de 6 como el óptimo. El mayor alargamiento del tubo germinal se da entre pH 5,5 y 6,5 (Chacin , 1975).

3.10 Sintomatología

En frutos de mayor edad, pero menores de dos meses, ocurren deformaciones a modo de una jiba o joroba. Posteriormente se desarrolla la mancha chocolate, rodeada por una zona de madurez prematura de color amarillo. La mancha puede comprometer a todo el fruto. Internamente, las semillas se convierten en una masa acuosa, por lo cual a la enfermedad se le llama también “pudrición acuosa de la mazorca”. En este caso, las mazorcas enfermas pesan más que las sanas (Arévalo *et al.*, 2004).

Las mazorcas infectadas después de los tres meses de edad pueden, en algunos casos no mostrar síntomas externos (Enríquez, 2004). En otros casos se observan puntos necróticos marrón oscuros y manchas oscuras limitadas, ligeramente hundidas, con frecuencia rodeadas por áreas de maduración prematura. Internamente, se observa una pudrición de color marrón rojizo, que afecta a algunas o a todas las semillas, las cuales se compactan y no se separan entre ellas o de la cáscara, la cual se mantiene firme.

Otro síntoma común de esta enfermedad es la maduración prematura. Los frutos cambian de coloración, dando la apariencia de estar maduros, cuando no tienen ni el tamaño, ni la edad de cosecha. Por lo general, en las áreas amarillentas se desarrolla posteriormente la mancha chocolate (Suárez y Solís , 2003).

3.10.1 Epidemiología

Las infecciones causadas por *M. royeri* se favorecen por varios factores como la humedad y temperatura altas. Las esporas requieren de agua libre o de una humedad relativa cercana al 100% para su germinación. El crecimiento vegetativo requiere una temperatura óptima de 24 a 26 °C. En general, la temperatura favorable a la enfermedad se encuentra en el rango de 22 a 30 °C. Por encima o debajo de estos valores, es menos agresiva. Estos valores determinan tasas altas de infección con carácter de epidemia durante las fases de floración y fructificación del árbol (Evans , 1981).

Dentro de las plantaciones, las condiciones que favorecen una alta humedad y por lo tanto a la moniliasis son los drenajes deficientes, plantas muy altas y con exceso de sombra y la no ejecución de labores culturales, especialmente las podas y control de malezas. Algunos estudios han establecido una correlación positiva entre la cantidad de lluvia y la cosecha de mazorcas enfermas tres a cuatro meses después lo que concuerda con relación al tiempo que tarda la expresión de síntomas. Un fruto infectado es capaz de producir entre 6 a 7 billones de conidias durante 20 períodos de esporulación en 80 días (Desrosiers *et al.*, 1955). La mayor cantidad de conidias en el aire ocurre durante el día cuando sube la temperatura y baja el porcentaje de humedad en el ambiente (Yáñez, 2004).

3.10.2 Daños Causados

Esta enfermedad ataca al fruto en cualquier estado de desarrollo, aunque son más susceptibles los frutos tiernos. La primera señal de la infección son puntos pequeños o manchas pequeñas de color que sugiere una maduración prematura en la mazorca que aun no se ha desarrollado por completo. Posteriormente las manchas se vuelven de color pardo y crecen bastante hasta cubrir toda la superficie del fruto, en el interior de la almendra los granos pueden estar destruidos por completo o parte, dependiendo de la etapa de la maduración en que se efectuó la infección (Torres , 2012).

El agente causal, es un hongo basidiomicete que ha mostrado potencial de adaptación y afinidad a las condiciones medioambientales que lo rodean, con un nivel de infección severo y gran capacidad para invadir regiones geográficas nuevas. Pudrición acuosa, Helada, Mancha, Ceniza o Enfermedad de Quevedo. Según (Phillips , 2003), se encuentra distribuida en América Tropical y existen reportes que evidencian la enfermedad en Guatemala Nicaragua (López y Enríquez 1980), Costa Rica (Enríquez y Suárez 1978). Ecuador (Jorgensen 1970), Panamá, Perú y Venezuela (Orellana 1956) y Colombia (Anon 1832).

Para el combate de la enfermedad se ha recomendado un manejo de la sombra que permita un mayor paso de luz y una mayor aireación para reducir la humedad ambiente, realizar podas periódicas, cosechar los frutos maduros, evitar el encharcamiento del cultivo y eliminar los frutos afectados enterrándolos, tratando de no diseminar las esporas del hongo por la plantación (Evans , 1981).

3.11 Manejo de la Moniliasis

3.11.1 Prácticas Fitosanitarias

Para el combate de la enfermedad se ha recomendado el manejo de la sombra que permita un mayor paso de luz y una mayor aireación para reducir la humedad del ambiente, realizar podas periódicas, cosechar los frutos maduros periódicamente, evitar el encharcamiento del cultivo y eliminar los frutos afectados enterrándolos, tratando de no diseminar las esporas del hongo por la plantación (Rodríguez, 2002). Estas prácticas deben realizarse con la única finalidad de reducir las fuentes y potencial de inóculo y preparar al árbol para que cada año produzca una cosecha abundante y sana (Arévalo *et al.*, 2004).

Para combatir la enfermedad recomienda regular la sombra definitiva del cacaotal, para que permita mayor paso de luz y aire (30-40%); Levantar la sombra con relación a la planta de cacao para reducir la humedad en su ambiente; Podar el cacao en forma moderada varias veces al año (tres a cuatro veces); Cosechar las mazorcas

maduras cada dos semanas para no tener infecciones en las etapas finales de la maduración; No permitir que el agua se empoce o forme charcos; Recolectar mazorcas enfermas antes de que esporulen en la misma (Enríquez , 2004),.

3.11.2 Control Cultural (Remoción de Frutos)

El propósito fundamental de la remoción de mazorcas es disminuir la cantidad de esporas del hongo (inóculo) presente dentro del cultivo, con el fin de evitar la contaminación de las mazorcas que están en formación. La práctica está encaminada fundamentalmente a proteger la cosecha principal del cultivo y, en especial, los pepinos o mazorcas pequeñas, ya que los frutos de menos de dos meses son los más susceptibles al ataque de la enfermedad debido a que el hongo puede penetrar más fácilmente la epidermis de los frutos de esta edad (Sánchez, 1982; Suárez, 1993).

La remoción de frutos enfermos es el método tradicional de control cultural de la moniliasis, pero se aplica con frecuencias y niveles muy variables. Debido al ciclo de vida de *M. rozeri*, Soberanis *et al.* (1999) recomendaron la remoción semanal de mazorcas infectadas por este patógeno en el Perú. Basados en datos históricos (Leach *et al.*, 2002) propusieron que un aumento en la frecuencia de remoción de mazorcas infectadas por *M. rozeri*, de intervalos mensuales a semanales, resultaría en un aumento de rendimientos que no solamente pagaría la mano de obra adicional, sino también mejoraría los ingresos del productor bajo las condiciones socioeconómicas de Talamanca. Esta recomendación contradice la intuición del agricultor y, por lo tanto, no es adoptado ampliamente.

3.11.3 Resistencia genética a moniliasis del cacao

Entre los cultivares de la especie *Theobroma cacao* hay diferencias en la susceptibilidad a *M. rozeri*, lo cual muestra que en esta especie existe fuentes de resistencia al hongo Phillips y Cerda (2009) coincidiendo que el método de control genético resulta ser más barato, sencillo, duradero y eficaz.

Estudios realizados por Phillips (2003), indican resistencia a monilia en los clones de cacao ICS-95 y SCC-61 en Colombia y del clon UF-273 en Costa Rica. Otras investigaciones revelan que los clones EET-233, EET-387 y EET-386 presentan algún grado de resistencia a la enfermedad cuando han sido comparado con otros clones (Enríquez, 2004). Así mismo en Bolivia se ha identificado 3 genotipos como tolerantes; SS-18, SS-23 y SS-33, y 12 genotipos de cacao nacional de amazonia Boliviana (CNB-45, CNB-42, CNB-7, CNB-28, CNB-43, CNB-31, CNB-14, CNB-16, CNB-12, CNB-3, CNB-50 y CNB-39) en la EES. (Maldonado, 2015)

3.12 Análisis Estadístico

3.12.1 Estadísticos Descriptivos

Permiten estimar y describir el comportamiento de las diferentes accesiones en relación con cada carácter. Los más comunes son el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), que se utilizan en el análisis de datos cuantitativos. Estos se deben realizar antes de cualquier análisis multivariado, ya que proporcionan una idea general de la variabilidad del germoplasma y permiten inmediatamente detectar datos no esperados y errores de medición en el ingreso de datos, entre otros (Franco e Hidalgo, 2003).

La *media aritmética*. Es una medida de tendencia central que ayuda a caracterizar el germoplasma y permite relacionar un atributo de una accesión con un valor central de dicho atributo.

La *desviación estándar*. Cuantifica la magnitud de la variación respecto a la media aritmética y se expresa en las mismas unidades que las observaciones originales. Proporciona una idea del estado (próxima o dispersa) de la mayoría de las accesiones de la colección en relación con una característica considerada.

El *coeficiente de variación* (CV) Es una medida relativa de variación que define más intrínsecamente la magnitud de la variabilidad de los caracteres estudiados debido a que es independiente de las unidades de medida. Facilita la comparación de la

variabilidad de una misma característica en dos grupos de accesiones o de caracteres medidos sobre la misma colección el $CV > 50\%$, sugiere que tienen la más alta variabilidad en la especie. Así mismo, $CV < 20\%$, indica que la especie puede tener poca variabilidad en esos caracteres. No obstante, el grado de variabilidad de un carácter no indica necesariamente la magnitud de su utilidad desde el punto de vista del cultivo, ya que esto depende de los usos de la especie. Después de realizar el análisis exploratorio con el uso de estadísticos simples, se sugiere que antes de cualquier análisis posterior más complejo se evalúen aquellas variables que identifiquen grupos o subgrupos naturales de la especie, especialmente cualitativas como la forma y el color de las hojas, las flores y las semillas; y el hábito de crecimiento de las plantas. Este tipo de variables posiblemente no es objeto de análisis estadístico, pero pueden ayudar a entender o complementar los resultados finales del estudio de las demás variables. Para estos casos se sugiere elaborar las tablas de frecuencias con el fin de establecer las proporciones de los diferentes grupos dentro de una colección de germoplasma (Franco e Hidalgo, 2003).

3.12.2 Análisis de Regresión Lineal

Permite estudiar la relación funcional entre una variable respuesta Y (variable dependiente) y una o más variables regresoras X (variables independientes o predictores). El primer caso se conoce como Regresión Lineal Simple y el segundo como Regresión Lineal Múltiple (Draper y Smith, 1998).

Mediante la regresión se estudia cómo los cambios en las variables predictoras afectan a la variable respuesta, mediante el ajuste de un modelo para la relación funcional entre ambas. Genéricamente, la relación entre las variables se modela de la forma $Y = X\beta + \varepsilon$, donde Y es el vector de observaciones, X es la matriz que contiene a las variables regresoras, β es un vector de parámetros que serán estimados a partir de los datos y ε es el vector de términos de error aleatorios (Balzarini, 2008).

A través del Análisis de la Varianza se puede conocer cuánto de la variación de los datos es explicada por la regresión y cuánto debe considerarse como no explicada o

residual. Si la variación explicada es sustancialmente mayor que la variación no explicada, el modelo propuesto será bueno para fines predictivos. Una medida de la capacidad predictiva del modelo es el coeficiente de determinación R^2 que relaciona la variación explicada por el modelo con la variación total (Balzarini, 2008).

3.12.3 Análisis Multivariado

Los métodos multivariados analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo. Son una extensión de los análisis univariados y bivariados que se consideran como tal si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas (Hair *et al.*, 1992). Su objetivo principal es permitir la descripción de las accesiones tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas. Los métodos multivariados pueden ser de dependencia y de interdependencia. Los primeros incluyen discriminante múltiple, correlación canónica, regresión múltiple, multivariante de la varianza y conjunto. Los métodos de interdependencia incluyen los componentes principales, factorial, conglomerados, multidimensional y correspondencia. Bramardi, (2002), por otra parte los clasifica en dos grupos: el primero lo denomina de ordenación y el segundo de clasificación.

3.12.4 Análisis de Componentes Principales

El análisis de componentes principales (ACP) es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar de germoplasma, permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las accesiones; en el primer caso, con el fin de saber cuáles variables están o no asociadas, cuáles caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; y en el segundo, para saber cómo se distribuyen las accesiones, cuales se parecen y cuáles no. También permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores (Hidalgo, 2003).

4 LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en la región de Alto Beni, que está ubicada a 270 km al noroeste de la ciudad de La Paz, entre las coordenadas 15° 10' y 15° 55' S, 66°55' y 67°40' O. Posee alturas que oscilan entre 350 a 560 msnm.

La región comprende las provincias de Sud Yungas, Caranavi y Larecaja Tropical. El Alto Beni está dividido geográficamente en 7 áreas y contiene 93 comunidades o colonias, que se diferencian en tres zonas de vida: Bosque húmedo sub-tropical, transición a seco y Bosque muy húmedo, también está compuesto por valles que se extienden en ambos márgenes del río Beni (350-500 msnm) y tienen topografía plana a levemente ondulada (Somarriba y Trujillo 2005; citado por July, 2007).

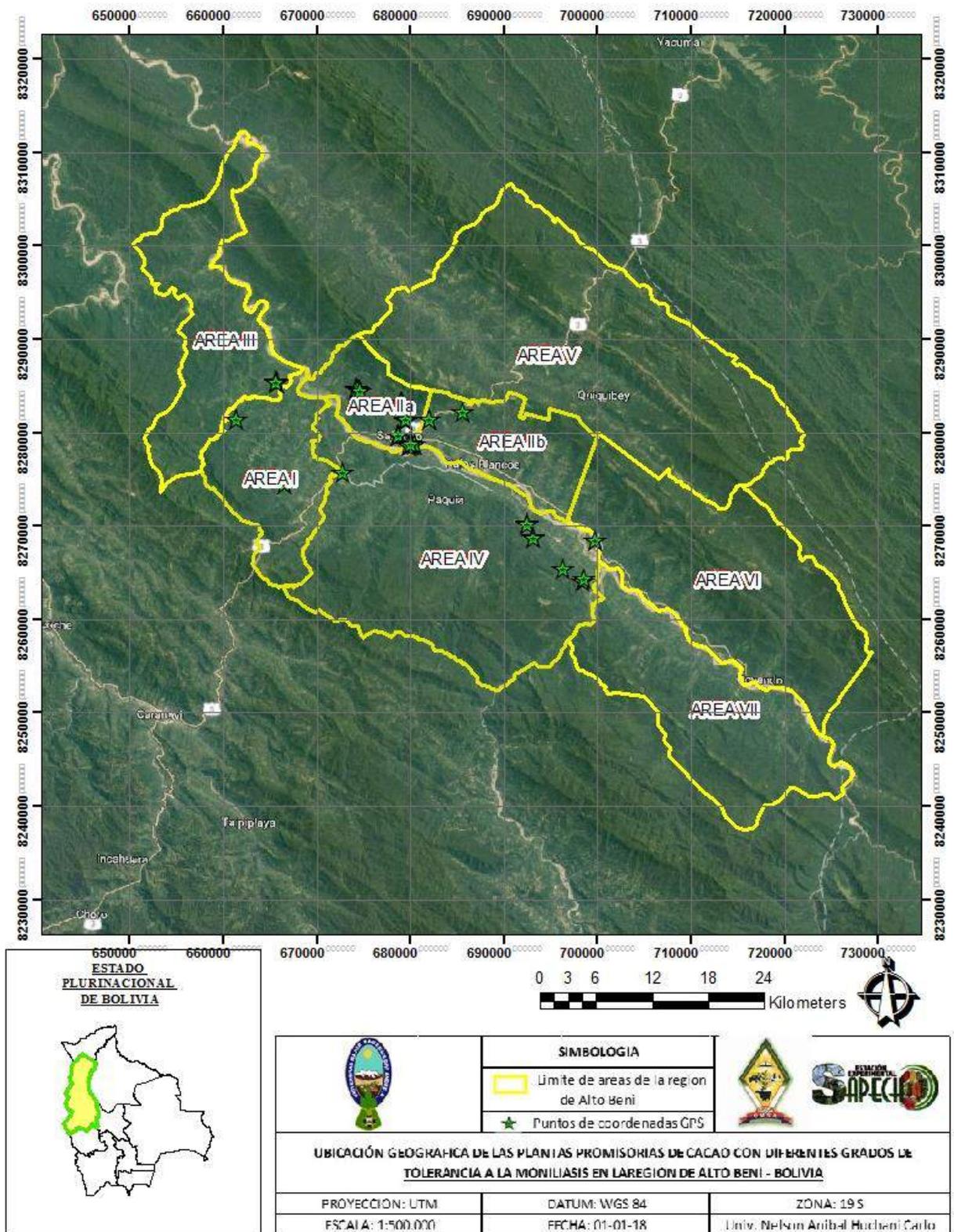


Figura 1. Mapa de la Ubicación de las Parcelas Demostrativas de Productores.

4.2 Características Climáticas de la Zona

4.2.1 Clima

El clima que presenta la zona, es tropical y subtropical, no obstante de ello es necesario mencionar que las precipitaciones pluviales y vientos de las altitudes oscilan desde 1,900 m.s.n.m., como la máxima elevación, y 405 m.s.n.m., como la mínima altitud en las terrazas aluviales y lugares de planicie por las comunidades: Eduardo Abaroa y Sararia. La precipitación pluvial anual varía desde 1000 – 2500 mm. y la evaporización por transpiración real se calcula entre 800 a 1200mm. (SENAMHI, 2016).

4.2.2 Temperatura

La temperatura media anual es de 25,8 °C en promedio y los meses más calurosos se registran de octubre a diciembre con temperaturas máximas en promedio de 30,89 °C, de mientras que los meses más fríos se registran de con temperaturas mínimas de 19,22°C en mayo a julio (PDM ALTO BENI,2011).

4.2.3 Flora

Se clasifican las zonas agroecológicas, identificando los tipos de vegetación que se presentan en las diferentes áreas, en función a los pisos altitudinales existentes, la flora es heterogénea y mixta, con especies de árboles y arbustos, que se mantienen siempre verdes, donde se han determinado dos zonas boscosas:

- a) Bosque húmedo montañoso.
- b) Bosque nublado per húmedo.

En la zona se nota la existencia de plantas medicinales y aromáticas agroecológicas, sirviendo como una fuente de generación de recursos económicos para los pobladores de las zonas y para las personas con cualidades de medicina natural (PDM ALTO BENI, 2011).

4.2.4 Suelos

La mayoría de los suelos de la zona están libres de carbonatos, es decir no hay incidencia de concreciones calcáreas en la arenisca terciaria, que es el material parental predominante. Respecto a la fertilidad se agruparon en dos. Al primer grupo pertenecen los acrisoles háplicos y los cambisoles districos que son pocos fértiles. Son suelos franco arenoso, muy ácido, pobre en nutrientes con baja CIC y baja saturación de bases. El segundo grupo está formado por cambisoles crómicos y lixisoles háplicos de buena fertilidad. Se trata de suelos con texturas más finas (franca, franco-arcillosa), moderadamente ácidos, con mayor CIC y saturación de bases (CICAD/OEA CATIE, 2001).

4.2.5 Vegetación

La vegetación natural de las partes bajas del Alto Beni, tiene las siguientes características: el bosque es denso alto y consta de varios estratos. La capa arbórea alcanza alturas de 30 a 40 m los troncos son rectos, sin ramas en los dos tercios inferiores y alcanzan más de metro de diámetro el segundo estrato, llega hasta 20 m y tiene un porcentaje relativamente de palmeras, el soto bosque es ralo, llega a 4 m de altura y está integrado por varias especies arbustivas, Una pequeña parte de los árboles es caducifolia. Las especies más extendidas pertenecen a los géneros *Aspidosperma*, *Brosimum*, *Cordia*, *Eritrina* y las palmeras. (CUMAT-COTESU, 1985).

5 MATERIALES Y METODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material Genético

Se utilizaron 55 árboles de cacao seleccionados por su grado de tolerancia a la moniliasis que pertenecen a los agricultores reconocidos por PIAF-EL CEIBO.

5.1.2 Materiales de Campo

Para el trabajo de campo se utilizó los siguientes materiales:

- Planilla y tablero	- Plaquetas
- GPS	- Cinta metrica y flexo
- Clinometro	- Machete
- Mochila	- Aerosol
- Camara	- Mira

5.1.3 Materiales de gabinete

- Computadora
- Impresora
- Hoja bond
- Memoria USB
- Lápiz Bolígrafo
- Marcador indeleble
- Mapa de Alto Beni a escala (1:20.000)
- Planillas

5.2 Metodología

5.2.1 Reconocimiento del Área del Estudio

La región de Alto Beni, tiene una amplia variabilidad de genotipos locales y foráneos de los cuales se recolectaron información de los árboles promisorios de cacao a base de protocolos, indicadores de alta producción y tolerancia a enfermedades.

5.2.2 Identificación de Presencia de Monilia

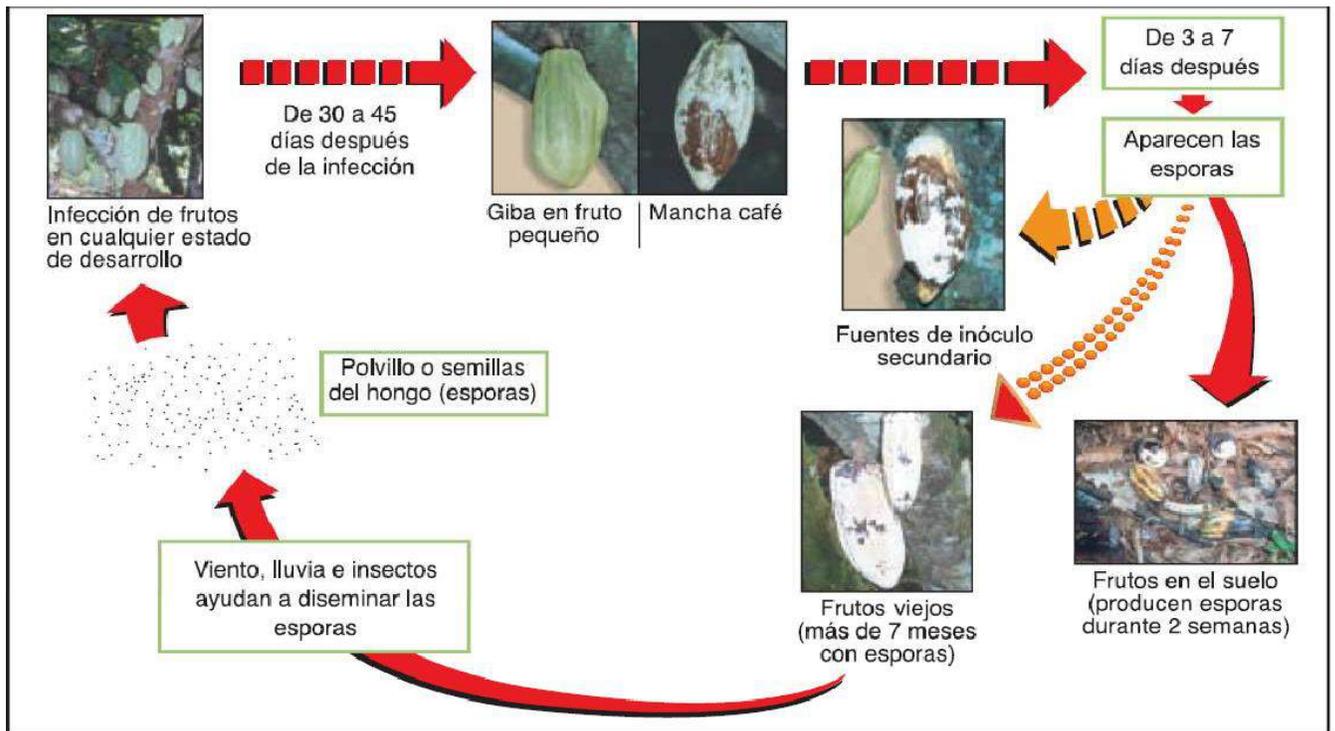


Figura 2 Ciclo de Vida del Hongo *Moniliophthora roreri* (tomado de Robles, 2008)

5.2.3 Protocolo de Evaluación factores agroambientales de diferentes condiciones de sitio donde están establecidos los 55 árboles promisorios de cacao.

Fase 1. Delimitación de la Superficie Evaluada

Se determino el área de muestreo circular para esta etapa se delimito un area de 12,60 metros con la ayuda de una cinta métrica y se estudio los factores agroambientales del cacao (Alcudia , 2000).

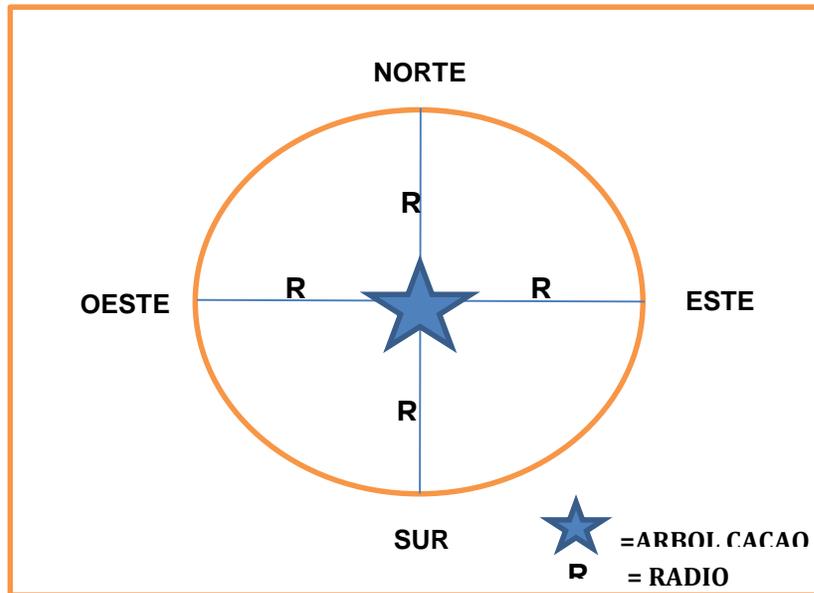


Figura 3. Delimitación de la Superficie de Muestreo R=12,60 Metros

Fase 2: Toma de coordenadas del cacao

Se georeferencio la ubicación del árbol de cacao que se evaluo con la ayuda de un GPS (Andrade, 2006).



Figura 4. Toma de Coordenadas del Cacao

- a) Intrumento GPS marcando las cordenadas del cacao
- b) Georeferenciación con GPS al arbol de cacao en el lugar de estudio

Fase 3: Diámetro de Tronco del Cacao

Se tomaron las medidas del diámetro del tronco del cacao a 30 cm de la base del árbol y el diámetro de tronco con la ayuda con una cinta diámetrica.

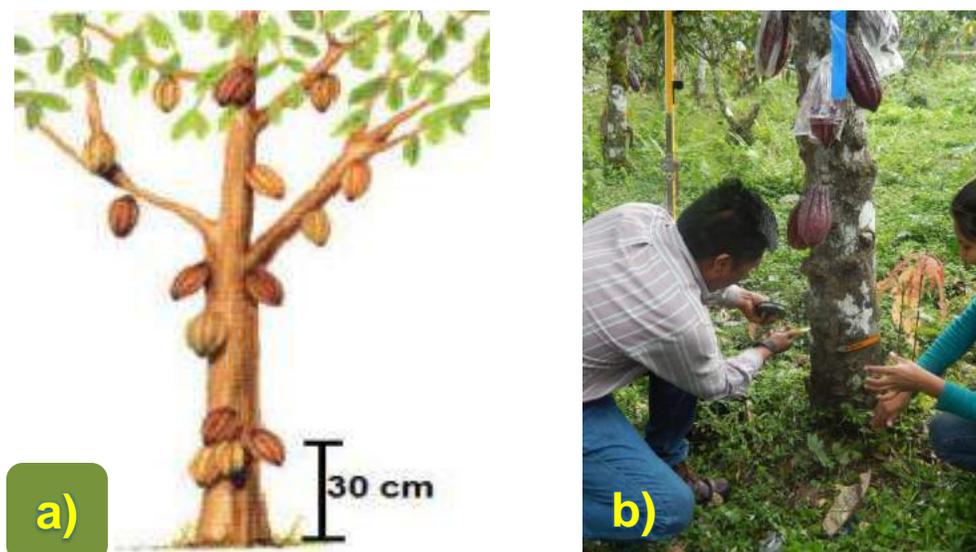


Figura 5. Medición del Diámetro de Tronco del Cacao

- a) Ejemplo de como se debe medir el diametro del tronco de arbol
- b) Se muestra como medimos el diametro del tronco del cacao con la cinta diametrica

Fase 4. Altura Base de Copa y Altura Total del Cacao

Se midio la altura de copa y altura total del árbol de cacao con ayuda del Clinómetro: instrumento óptico que se utilizo para la medicion de alturas de árboles empleando funciones trigonométricas (Somarriba, 2014).

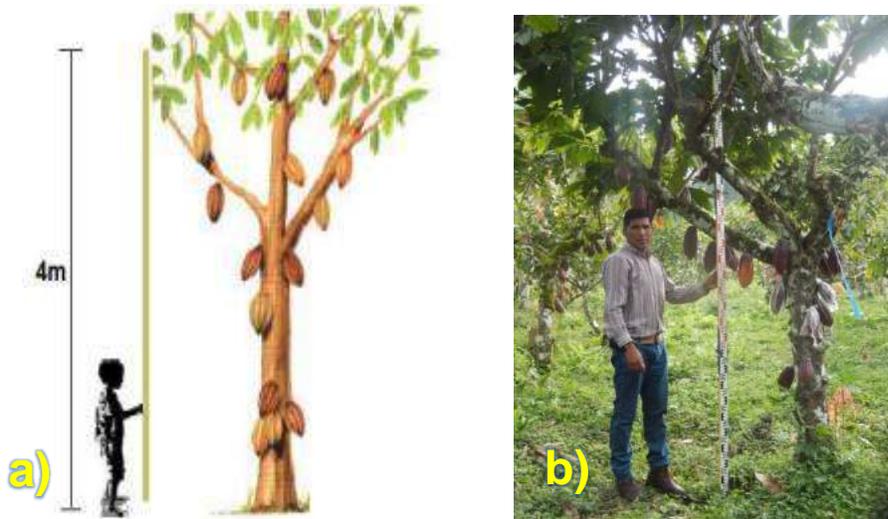


Figura 6. Medición de Altura Base de Copa y Altura Total del Cacao

a) Prototipo de como debemos medir la altura total del arbol de cacao.

b) Medición altura total y altura base de copa del cacao.

Fase 5. Identificación de Apertura de la Copa del Cacao

Se realizo visualmente observando la apertura de copa utilizando una planilla de campo y se tomaron fotografías de las copas para poder identificar el tipo de copa que tiene el árbol de cacao que se evaluo (Murillo,2008).

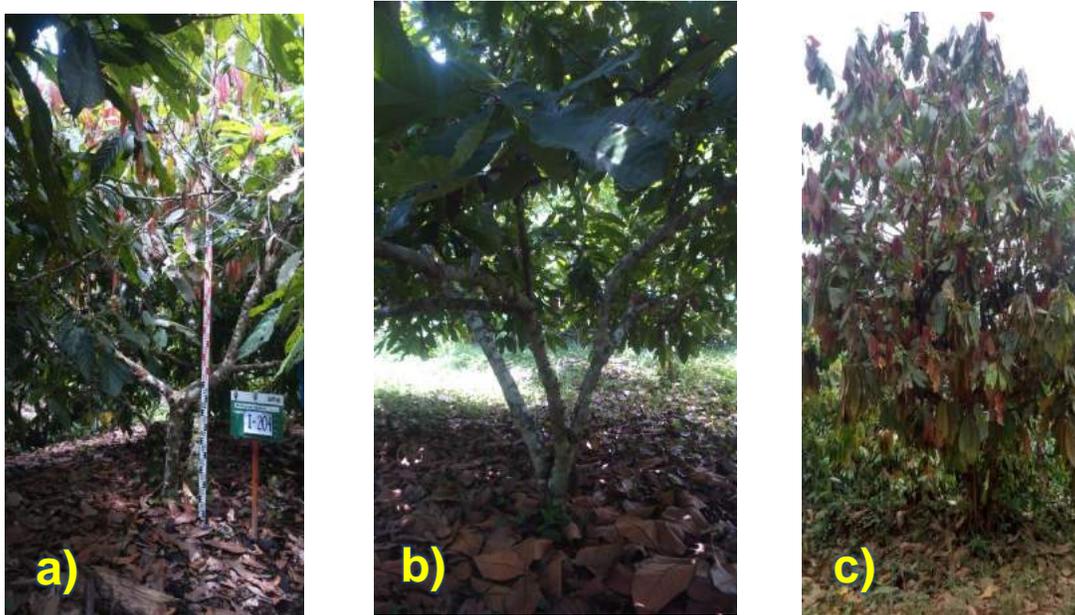


Figura 7. Identificación de Apertura de la Copa del Cacao

a) Tipo de copa abierta, b) Tipo de copa semi abierta, c) tipo de copa cerada

Fase 6. Conteo de Ramificación Primaria de la Planta

Se procedio a contar el numero de ramificación primarias del árbol del cacao el trabajo se realizo visualmente, manualmente se registro en planillas de campo (Melnyk, 1997 y Somarriba 2002)



Figura 8. Conteo de Ramificación Primaria y angulo de inserción de la Planta

Fase 7. Medición de Auto Sombra del Arbol del Cacao

La medición de autosombra fue determinada mediante una toma fotográfica dentro su área de cobertura de la planta imagen que posteriormente fue procesado mediante la aplicación Gap Light Analyzer, con el fin de obtener el porcentaje de densidad de sombra de la foto.

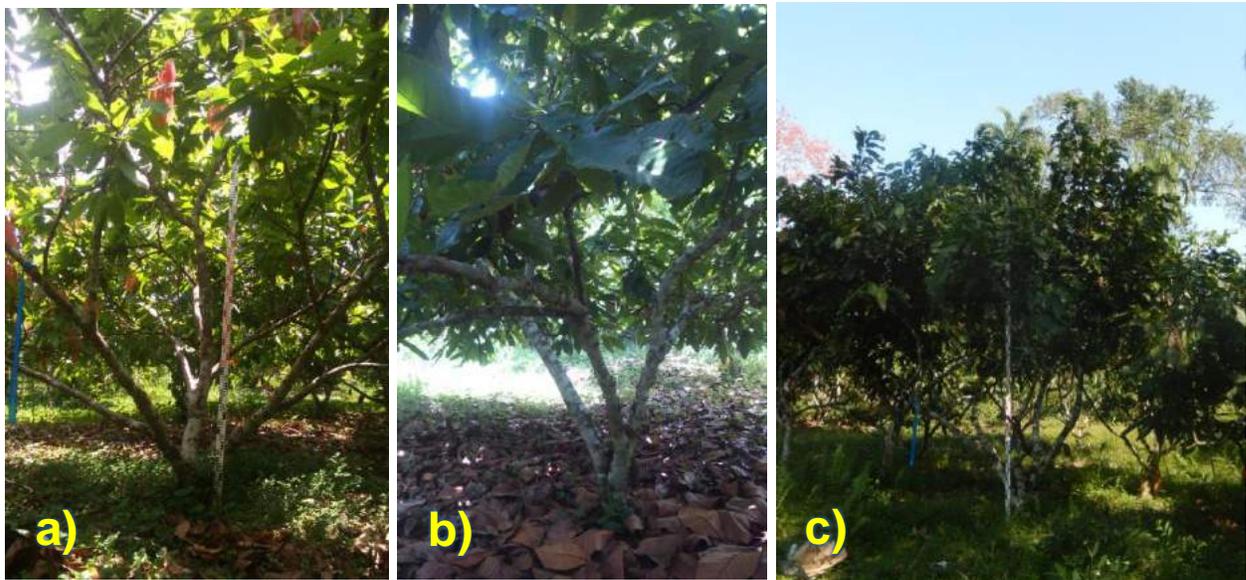


Figura 9. Medición de Auto Sombra del Arbol del Cacao

a) Arbol de cacao con sombra del 25 %, b) Arbol de cacao con sombra del 50 %, c) Arbol de cacao con sombra del 75 %

Fase 8. Medición de Sombra

Para determinar la sombra de cada árbol del ensayo se realizó la toma de fotos esféricas de cada uno de los árboles en dos fechas cercanas al inicio y final del ensayo: Cada foto fue analizada mediante el programa Gap Light Analyzer, con el fin de obtener el porcentaje de densidad de sombra de la foto. En la siguiente figura se detalla dichos sectores:

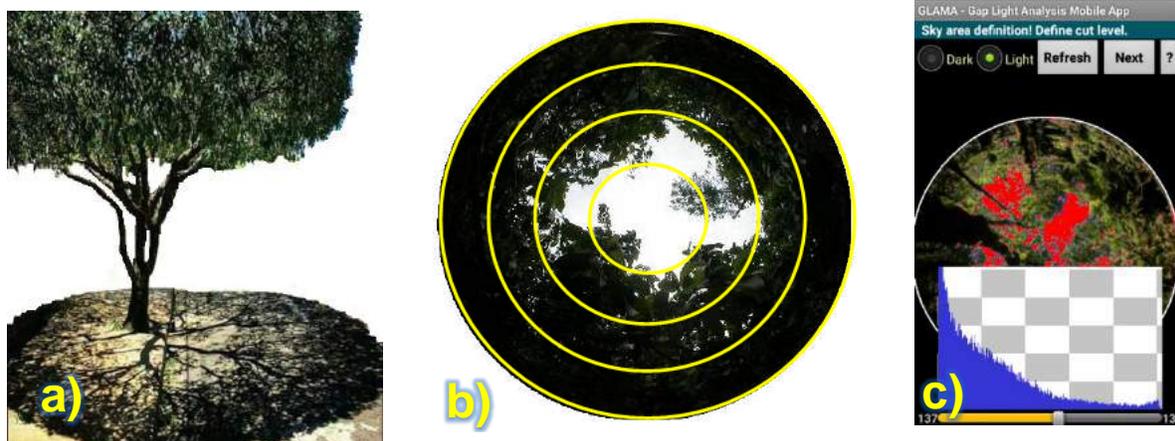


Figura 10. Determinación de los Sectores

a) Criterio de toma de muestra de sombra
 b) Sección fotográfica distribución de sombra
 c) Programa Gap Light Analyzer

Una vez que se obtuvo los valores del porcentaje de cielo para cada sector de cada foto se procedió a promediar los valores de cada fecha, con el fin de obtener cuatro valores, correspondientes a cada sector, para cada uno de los árboles.

Fase 9. Medición de Diámetro de Copa

Se procedió a medir el diámetro de copa del árbol con la ayuda de una cinta métrica tomando dos mediciones en dos direcciones (norte - sur, este – oeste)



Figura 11. Medición de Diámetro de Copa árbol de cacao

- a) Primera medición del diámetro de copa de norte – sur
- b) Segunda medición del diámetro de copa de este – oeste

Fase 10. Identificación del Árbol Forestal o Frutal y Georeferenciación

Se procedió a la identificación del árbol luego con la ayuda de un GPS se registró las coordenadas de ubicación.

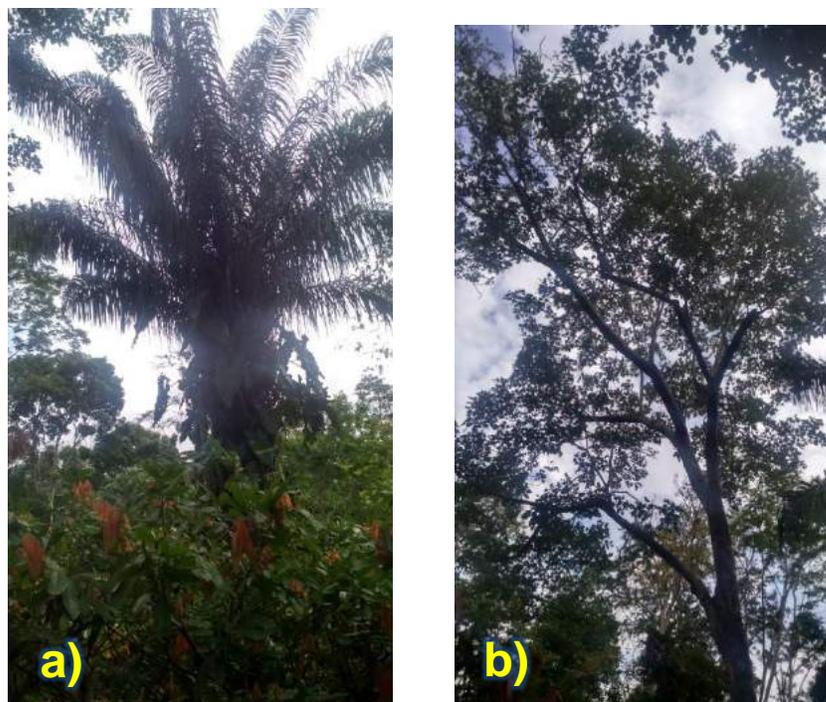


Figura 12. Identificación del Arbol forestal o Frutal y Georeferenciación

- a) Arbol de especie frutal
- b) Arbol forestal de especie mara

Fase 11. Medición Diametro Altura Pecho de arboles forestales

Se midio el diametro del arbol a una altura de 1.30 m con la ayuda de una cinta diametrica.



Figura 13. Medición Diámetro de Tronco DAP, arbol forestal asociado a cacao

Fase 12. Medicion de la Altura Copa y Altura Total del Arbol Forestal o Frutal

Se procedio a medir la altura copa y altura total del árbol forestal con la ayuda del clinometro (Trujillo 2003).

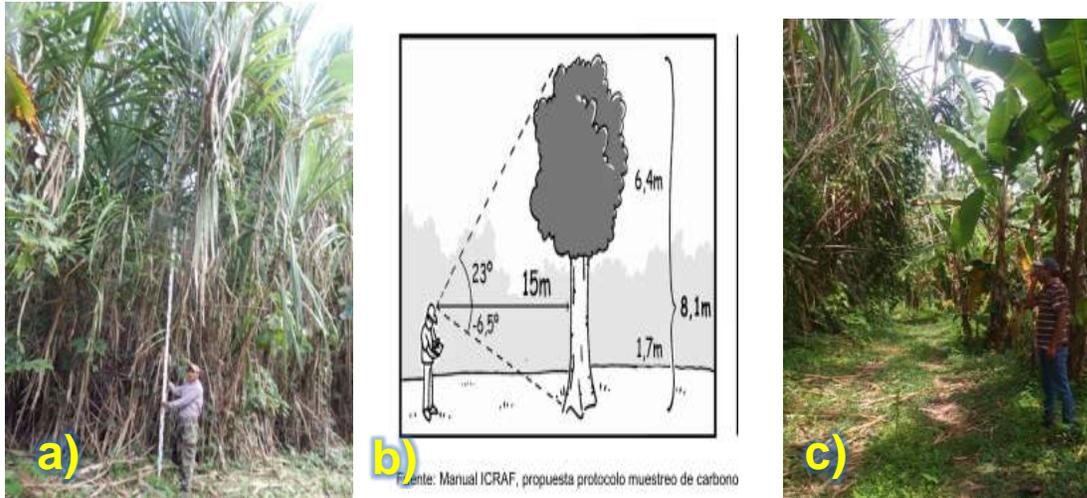


Figura 14. Medicion de la Altura Copa y Altura Total del Arbol Forestal o Frutal

a) Medicion alturas de los charales

b) Parametros de como se debe medir la altura de los arboles forestales con el instrumento clinometro

c) Medicion del arbol forestal con el instrumento el clinometro

Para medir la altura total de los árboles se utilizó la vara telescópica (Vara graduada)

La altura total se midió desde el suelo hasta el ápice de los arboles con un clinómetro:

$$Ht = L2 - L1 / 100 \times D$$

L2 = Lectura en % hecha al ápice del árbol

L1 = Lectura hecha en % a la base del árbol

D = Distancia del árbol al lugar donde fue hecha la lectura

- 1) Se encontró un lugar donde se tenga una visión clara del tronco del árbol que se pretende medir, a una distancia de 15 m de ese tronco (para árboles del sotobosque e intermedios) y de 20 metros para árboles emergentes.

- 2) Se midió la distancia horizontal precisa (L) que hay entre la persona y el tronco, Imaginemos que vas a usar la escala de la izquierda (exactamente diseñada para distancias de 15 m).
- 3) Se estimó la posición de la copa del árbol, tomar la medida del clinómetro y leer la medida H1' de la escala izquierda. La medida de la altura es:

$$H = (H1+H2)*L/15$$

Fase 13. Medición del Diámetro de Copa del Arbol Forestal.

Se procedió a medir el diámetro de la copa del árbol forestal con la ayuda de una cinta métrica tomando dos mediciones en dos direcciones (Norte - Sur, Este – Oeste) luego se registrara en las planillas (Trujillo, 2003).



Figura 15. Medición del Diámetro de Copa del Arbol Forestal.

- a) Medición del diámetro de copa del árbol forestal de Norte – Sur
- b) Medición del diámetro de copa del árbol forestal de Este – Oeste

Fase 14. Aporte de Sombra.

Se procedió a la estimación de la sombra que aporta el árbol (Murillo.2008).



Figura 16. Aporte de Sombra tipo de Copa y la Variación del Follaje.

a) Sombra estimada de 25%, b) Sombra estimada de 50%, c) Sombra estimada de 75%

Fase 15. Identificación variación de follaje

Se determino si la especie forestal es de sombra permanente o caducifolia.



Figura 17. Variacion de follaje especies de sombra.

a) Arbol forestal de especie de perene

b) Arbol forestal de especie caducifolio

Fase 16. Evaluación de Cantidad de Materia Organica del Suelo

Se procedio al marcado del cuadrante de 50 x 50 cm zigzag y posteriormente se procedio al levantamiento de las muestra de la materia organica del suelo con el cuadrante se tomaron 8 muestras y se prosedio a pesar con la ayuda de una romana electronica (Mostacedo ,2000).



Figura 18. Evaluación de Cantidad de Materia Organica del Suelo

- a) Demarcacion de toma de muestra de hojarasca e instrumental necesario
- b) Pesado de muestra de hojarasca

Fase 17. Medición de la Pendiente

Se realizo la identificara la pendiente que tiene el lugar donde se encuentre el árbol de cacao se medirá con la formula de triangulo rectángulo.

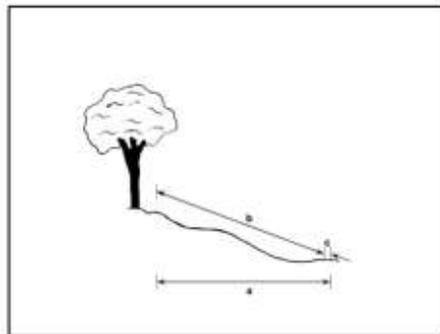


Figura 19. Medición de la Pendiente

5.2.4 Evaluación de características de manejo de los 55 árboles promisorios de cacao.

Identificación del Arbol si tiene un Manejo de Poda

Se procedio a identificar si el productor realiza actividades de poda control de enfermedades, edad, variedad y su etapa de desarrollo, esto en base de una encuesta (Beck,1988).

Determinacion de la relacion de caracterisiticas de manejo con la presencia de monilia

Se procedio a relacionar los datos de la encuesta mediante analisis de regresión.

5.2.5 Determinación de presencia de especies de dosel de sombra asociadas a 55 árboles promisorios de cacao.

Identificación y características de especies de Arboles asociadas al cacao

Se identifico las especies que se encontraban rodeando al arbol de cacao evaluado dentro del area de muestreo según Figura 3.

6 RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Variables Agroambientales de las Condiciones de Sitio de los 55 Arboles Promisorios de Cacao

6.1.1 Condiciones Climáticas Área de Estudio

De acuerdo a reportes de la estación meteorológica ubicada en el centro de Investigación Internacional de Agricultura Orgánica Sostenible Sara Ana-El Ceibo para SENAMHI, se obtiene una estimación promedio de las condiciones climáticas durante la gestión de evaluación (Figura 20), donde la temperatura es mayor en 5 meses (enero, febrero, octubre, noviembre, diciembre) siendo los meses de marzo, abril, mayo como meses de transición para llegar a la menor temperatura que se registra en el mes de junio, y por el contrario se tiene a los meses de julio, agosto y septiembre como meses de transición a llegar a temperaturas más cálidas según propone la línea tendencia de quinto grado ($r=0,9191$); el registro medio máximo de temperatura se observa a partir del mes de octubre, noviembre, diciembre llegando en los meses de enero y febrero a 28,8 °C y el mínimo medio en el mes de junio con 23°C.

En cuanto a la precipitación se observa de la misma manera que fue mayor en el mes de enero con 277 mm, y el mínimo en el mes de agosto con 29 mm, prácticamente los meses de invierno (junio, julio y agosto) presentan precipitaciones mínimas según el vértice del modelo de acuerdo a la correlación polinómica de segundo grado, entre tiempo y precipitación ($r=0,9004$) como muestra la Figura 20, donde la acumulación estimada en la gestión 2016 llegaría a 1321 mm.

Estos valores registrados durante la gestión dan lugar a un desarrollo intermedio respecto el rango de temperatura que indica INTA (2010) de 22 a 27°C, puesto que presento un rango de 23 a 29 °C (Figura 20), lo cual llegaría a causar un estrés por calor que aumentan la transpiración de las plantas que no es compensada fácilmente por su suministración de agua por las raíces afectando la fotosíntesis efectiva y la dirección de nutrientes a su sobrevivencia que repercute de manera negativa en la producción objetivo. Y también sucede lo mismo con la precipitación ya que este

registro 1321 mm/año (Figura 20), los cuales son menores al requerimiento óptimo del árbol de cacao según criterio del mencionado autor, estos dos factores inciden en una producción intermedia por parte del árbol de cacao debido a tener condiciones climáticas en déficit a su requerimiento.

Sin embargo estos valores registrados conforme la temperatura son óptimas para el crecimiento y esporulación de la monilia conforme obtuvo datos Herrera (1988) que expresa un rango óptimo de 24 a 28°C, por tanto valores inferiores también son óptimas para el desarrollo en parcela, Hawker (1950), así que temperaturas de 23 a 29 °C registrados en la gestión dan condiciones para la presencia de monilia, sin embargo la precipitación anual es de 1321 mm (Figura 20), lo cual reduce el porcentaje de la incidencia dentro de un marco óptimo de desarrollo señalado por Castro (1989) siendo este mayor a 2500 mm hasta 5500 mm donde el hongo prospera con esas precipitaciones anuales (Philips y Wilkinson, 2007) pero no excluye de su presencia ya que es condición probable desde los 780 mm anuales.

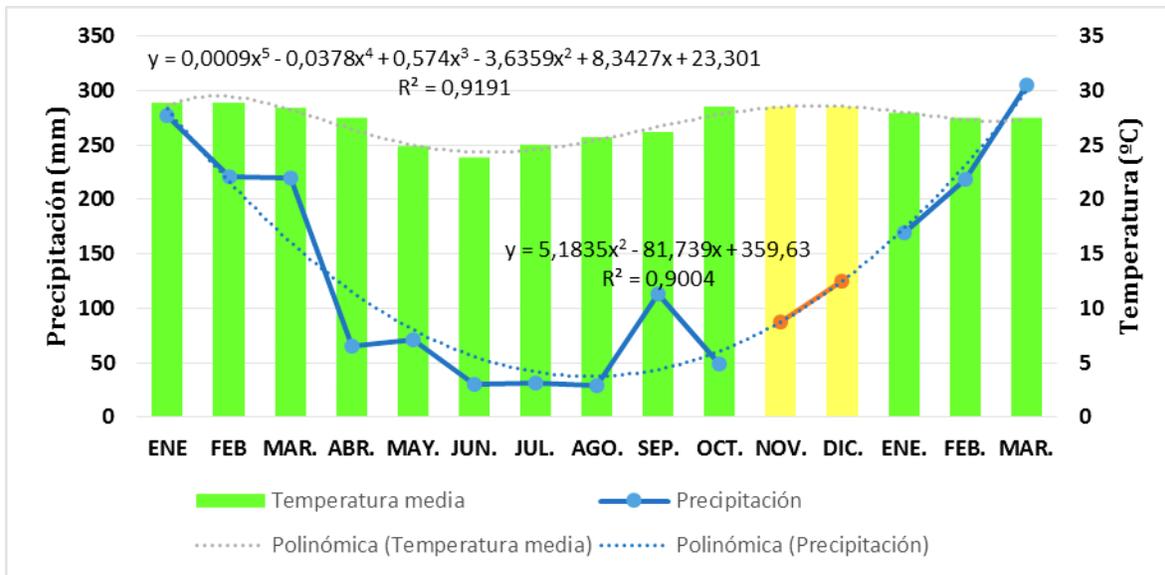


Figura 20. Comportamiento de la precipitación y temperatura gestión 2016 y 2017(enero, febrero y marzo)

6.1.2 Edad Promedio de los Cacaotales

De acuerdo al análisis de frecuencia en la variable edad de la planta se tiene el siguiente resumen según (Cuadro 1).

Cuadro 1. Analisis de frecuencia edad de planta de cacao

CLASE	LI(años)	LS(años)	MC(años)	FA	%
1	9	15,6	12,3	9	16,4
2	15,6	22,2	18,9	1	1,8
3	22,2	28,8	25,5	8	14,5
4	28,8	35,4	32,1	21	38,2
5	35,4	42	38,7	16	29,1

LI=Límite Inferior; LS= Límite Superior; MC=Marca De Clase; FA=Frecuencia Absoluta

Donde se observa que la mayor población la comprenden arboles a partir de los 28,8 años hasta los 42 años de edad como muestra la clase 4 y 5, esto se atribuyera que los cultivos se establecieron a partir de los años 1975 tiempo que coincide con el establecimiento de la Estación Experimental de Sapecho actualmente administrada por la UMSA, la cual en ese entonces libera material vegetativo a los pobladores de la región.

6.1.3 Rendimiento de 55 árboles de cacao

Los datos obtenidos del rendimiento se muestra en el cuadro 2 atribuyéndose que son promisorios dentro un muestreo previo general de la región, de donde se observa una media de 2,67 Kg seco/árbol/año de una población de 55 muestras evaluadas según Cuadro 2.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas rendimiento de 55 arboles de cacao

Estadístico	Unidad	Valor
Media	Kg/árbol/año	2,67
Error típico		0,11
Desviación estándar		0,81
Mínimo	Kg/árbol/año	0,41
Máximo	Kg/árbol/año	3,97
CV	%	30,30
Cuenta	N	55,00

El rendimiento se ve influenciado por la edad (Figura 21), que indica una tendencia de subir el rendimiento hasta los 42 años de edad tiempo registrado al presente periodo de evaluación.

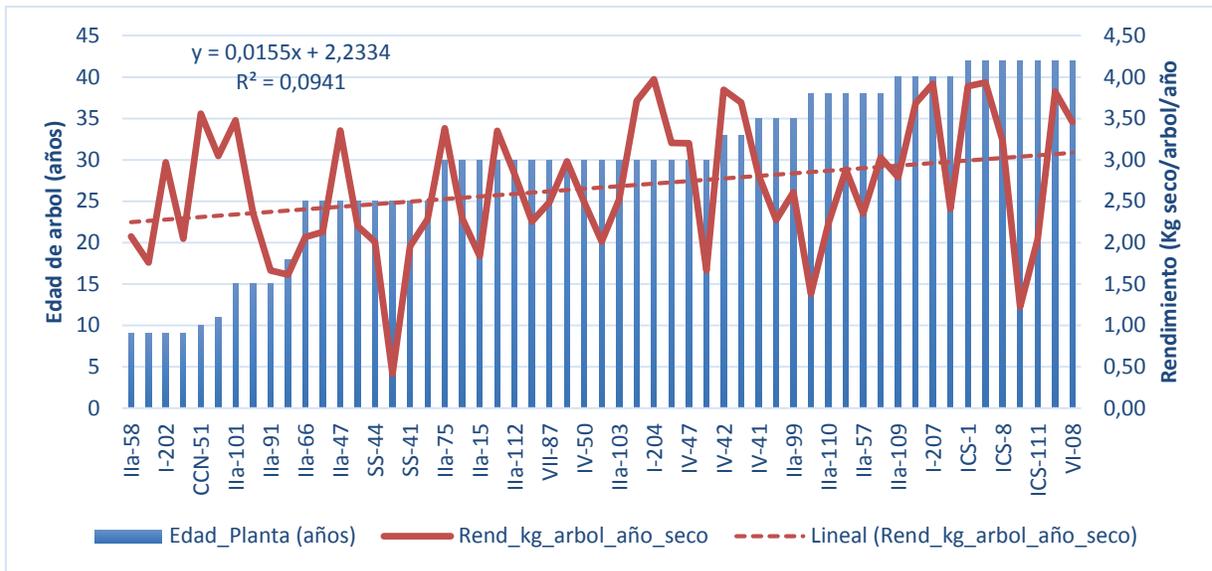


Figura 21. Relación rendimiento versus edad del árbol de cacao

El 67,3 % comprenden árboles mayor a 28,8 años (Cuadro 1), el cual indica una ligera estabilidad del rendimiento de los árboles de cacao, porque normalmente no pasa de los 40 años como vida económica que sugiere la curva de rendimiento presentada por Orozco (2017) que muestra que desde los 16 hasta los 30 a 35 años el rendimiento declina moderadamente.

Entre las muestras también se tiene un 32,7% árboles de 9 a 28,8 años de edad que se particulariza en tener un rendimiento promedio estable (Cuadro 1), estos resultados también son similares al valor señalado por Orozco (2017).

Con esta medida tendencia se evidencia que el rendimiento es ligeramente estable desde los 9 a 42 años de edad de estas 55 muestras evaluadas de la región de Alto Beni. Sin embargo no existe una curva de rendimiento edad general que aplique a toda las regiones cacaoteras, siendo que depende de otros factores como la calidad de

suelo, el clima, el germoplasma, manejo y los contextos socioeconomicos asociados a las fluctuaciones de precios, como menciona Orozco (2017).

6.1.4 Diámetro de Árboles de Cacao

La información del diámetro de tronco se muestra en el Cuadro 3, de donde se observa una media de 21,34 cm de una población de 55 muestras evaluadas. La variación registró de 9,30 cm (I-08) a 33 cm (IV-50), los valores bajos de diámetro están muy asociados a árboles de menor edad, mientras que los valores altos se relacionan con árboles de mayor edad y número de troncos principales.

Cuadro 3. Estadísticas descriptivas del diametro de arboles de cacao

Estadístico	Unidad	Valor
Media	cm	21,34
Error típico		0,84
Mediana	cm	21,10
Moda	cm	13,40
Desviación estándar	cm	6,23
Varianza de la muestra	cm ²	38,78
CV	%	29,18
Mínimo	cm	9,30
Máximo	cm	33,00
Cuenta		55,00

Este diámetro se ve expresado en la presencia de número de ramas o chupones que generalmente, son controlados por el manejo, manteniéndolo en uno o tres troncos según variedad genética, aun ajustando ese detalle se halla una significancia estadística de 0,0022 y CpMallows de 11,23 que indica importancia predictiva, en la relación del diámetro respecto de la edad del cacao según Cuadro 4.

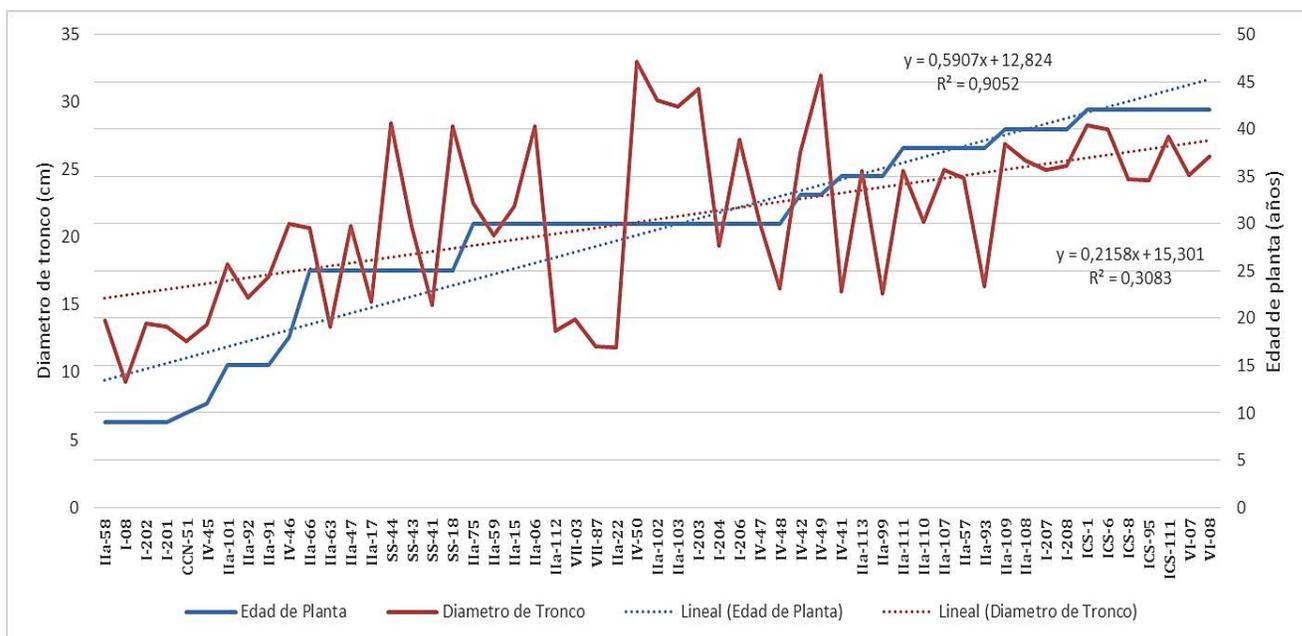


Figura 22. Relación diámetro de tronco y edad del árbol de cacao

La (Figura 22) nos indica la relación que existe entre la Edad de la Planta EP y el Diámetro del Tronco DT el cual tiene una correlación media de un 0,53.

Cuadro 4. Regresión y estadísticos asociados entre variables diámetro y edad del árbol de cacao

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	13,81	2,47	8,85	18,76	5,59	<0,0001	
Edad Planta	0,26	0,08	0,1	0,42	3,23	0,0022	11,23

Coef=Coeficiente, Est.=Valor Estimado, E.E.= error estándar de la estimación, LI=Límite inferior, LS=Límite superior, T=valor del estadístico T, p-valor= valor de significación, CpMallows=Índice CpMallows,

El diámetro varía en función de la edad, según la (Figura 22) donde se observa la tendencia de un incremento del diámetro conforme mayor edad tenga el árbol de cacao, el mismo sería en un 0,26 cm por cada año que este tenga según el Cuadro 4.

La predicción del diámetro no se ajustaría a los genotipos Ila-22, VII-03, VII-87, Ila-22 debido a que son de diámetro de 13.05 cm, 13.9 cm, 11.9 cm y 11,8 cm

respectivamente los cuales se deberían a características genéticas de la planta, como también se sucede en el extremo contrario que presentan los genotipos IV-50, Ila-102, Ila-103, I-203, y IV-49 los cuales presentan un diámetro de 33 cm, 30.15 cm, 29.7 cm, 31 cm y 32 cm respectivamente según Anexo 1.

6.1.5 Relación edad de planta con altura base de copa y altura total del cacao

Según la (Figura 23) la altura de la planta no es dependiente de la edad ya que las plantas de 15 y 40 años presentan alturas similares según coeficiente de variación menores a 25 (Cuadro 5), esto se debe al control que se ejerce con los diferentes tipos de podas los cuales resultan en alturas manejables por los productores.

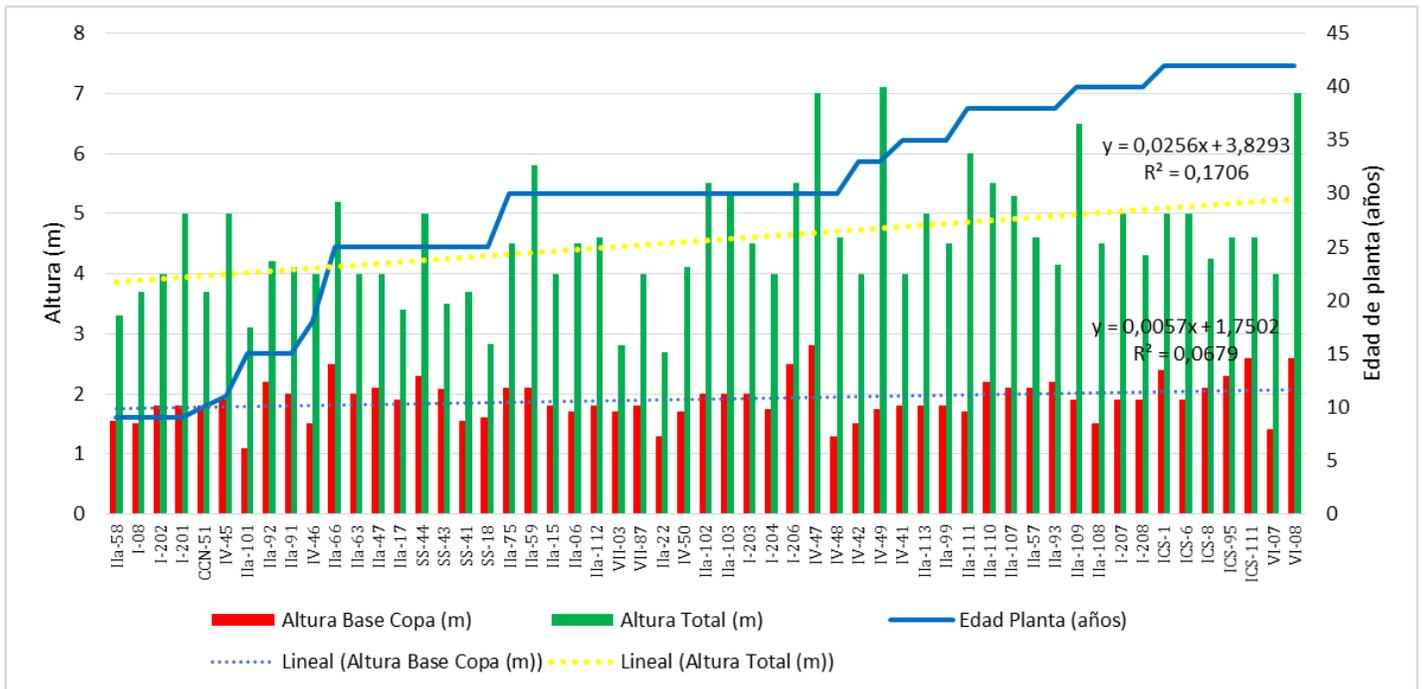


Figura 23. Relación Altura Total y Base de Copa con edad árbol de cacao

Sin embargo también se aprecia el incremento en volumen de copa de acuerdo a las líneas tendencias que podría predecir el aumento de alturas conforme el avance de edad de la planta, es decir la altura total al ser controladas por las podas persisten en incrementar el volumen o la estructura de la copa, puesto que la altura base de copa

se caracteriza por el manejo a una media de 1,93 m no siendo diverso entre los genotipos como muestra el CV de 18,98 (Cuadro 5).

Respecto de alturas totales las que se destacan los genotipos IV-47, VI-49, Ila-109 y VI-08 que presentan alturas mayores a 6 m debido a que sus características productivas no son influenciadas por las podas de formación y son mantenidas de esa manera a criterio del productor.

Cuadro 5. Resumen de estadísticas descriptivas sobre altura total y altura base de copa en cacao.

Variable	N	Media(m)	D.E.	CV	Mín(m)	Máx(m)
ABC	55	1,93	0,37	18,98	1,1	2,82
AT	55	4,51	1,07	23,77	1,6	7,1
Diferencia	55	2,64	0,86	32,43	1,1	5,35

ABC=Altura Base de Copa; AT= Altura total; DE=Desviación Estándar; CV=Coeficiente de Variación; Min=mínima; Max= máxima.

El componente diferencial de altura base de copa de Altura total, muestra la dimensión de la estructura de copa que es una variable diferencial al respecto de la edad del árbol de cacao como muestra el CV de 32.43 según (Cuadro 5) es decir la dimensión de la estructura de copa es variable con tendencia de incremento en el transcurso de la edad del genotipo de cacao.

6.1.6 Apertura de Copa

La apertura de copa del árbol de cacao presenta es su mayoría la categoría semiabierta 58% (Figura 24), seguida de abierta con el 35%, y un 7% cerrada; esto se debe al tipo de material genético y el manejo con podas por parte del productor.

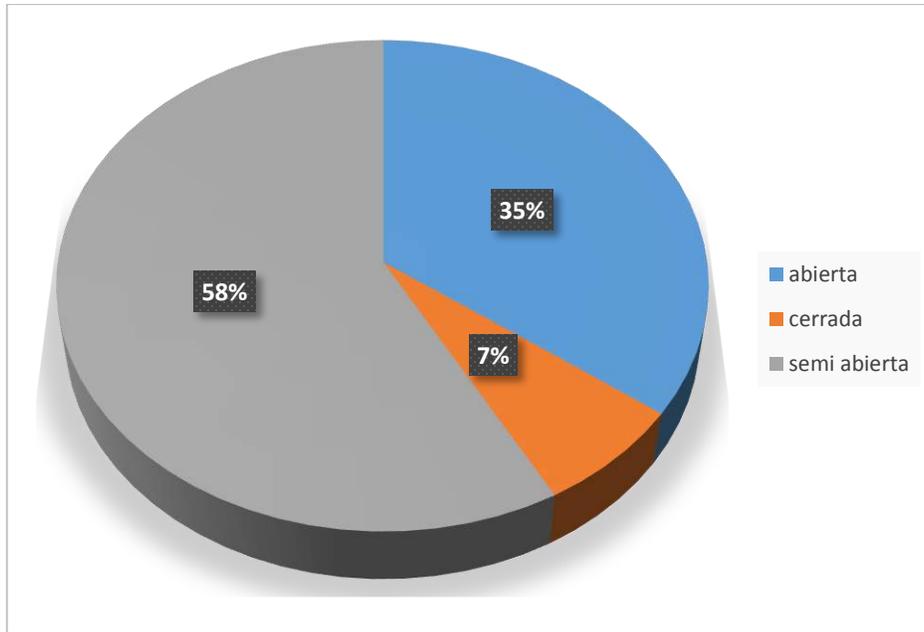


Figura 24. Proporción de categorías a la apertura de copa de 55 arboles de cacao

6.1.7 Angulo de inserción

De acuerdo al (Cuadro 6) el ángulo de inserción es una variable que muestra una relación significativa con la apertura de copa, para un nivel de significación $\alpha=0.10$, por el cual se insinuaría la estrecha relación entre la variable categórica apertura de copa con el Angulo de inserción.

Se comprueba con el análisis de regresión logística que la variable apertura de copa tipo abierta está asociada a ángulos obtusos, los de criterio cerrado corresponden a ángulos agudos con una media de $38,9^\circ$ y la categoría semiabierta presenta una media de $75,03^\circ$ de apertura (Anexo 1), análisis que simplificarían el uso de las variables: ángulo de inserción con apertura de copa del cacao y tomar en cuenta solo una de ellas.

Cuadro 6. Analisis de regresión logística del ángulo de inserción y apertura de copa en cacao.

Parámetros	Est.	E.E.	O.R.	LI(95%)	LS(95%)	Chi²	p-valor
Constante	-3,34	1,13	0,04	3,90E-03	0,33	8,71	0,0032
Ángulo de inserción	0,07	0,03	1,07	1,02	1,14	6,35	0,0118

Est.=Valor Estimado, E.E.= error estándar de la estimación, O.R.= estimación de la razón de productos cruzados, LI=Límite inferior, LS=Límite superior, T=valor del estadístico T, p-valor= valor de significación

6.1.8 Frecuencia de especie de dosel de sombra asociadas al cacao

Las especies que frecuentemente son asociadas a la muestra de 55 árboles de cacao se detallan según la (Figura 25), donde se aprecia mayor presencia del cultivo de Cítricos (22 %) esto por ser de importancia económica del sector asociándolo con las parcelas de cacao, similar situación registra Quispe (2006), de un total de 49 especies identificadas en segundo lugar se encuentra la especie Chima (15 %), luego Mara (12%) y Flor de Mayo (5%) como los más representativos, en especies comunes de dosel de sombra asociado para las 55 genotipos promisorios de cacao.

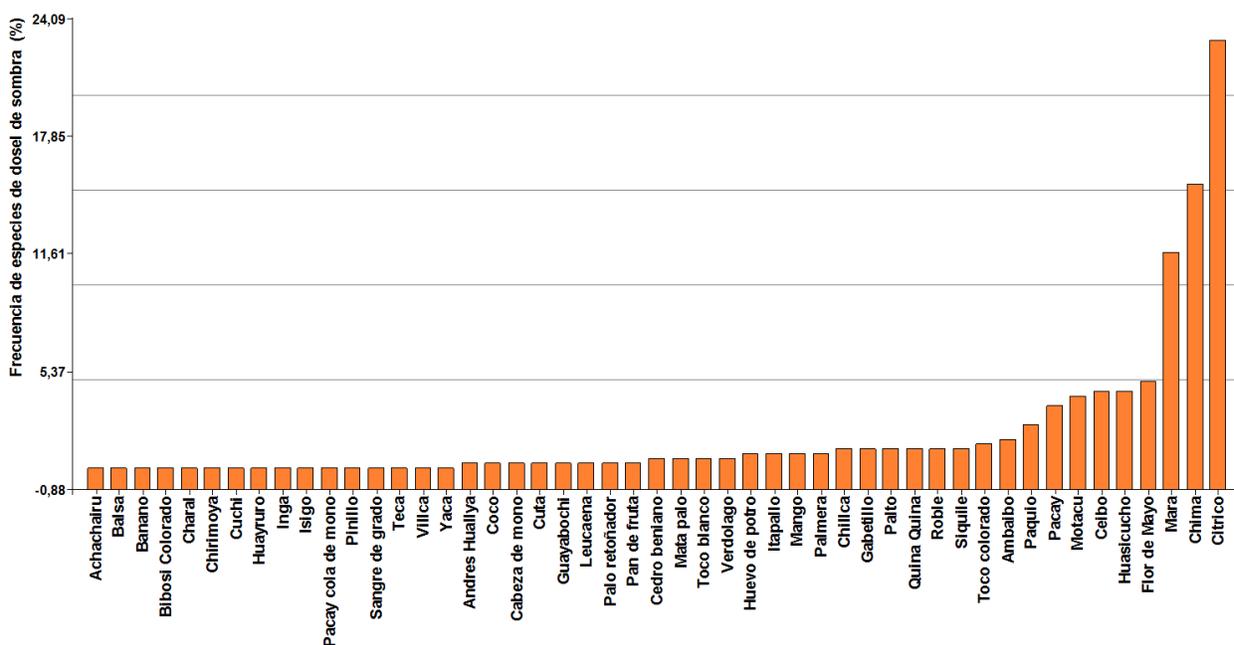


Figura 25. Frecuencia de especies de dosel de sombra asociada al cacao

6.1.9 Variación de Follaje Dosel de sombra

De acuerdo a los resultados se tiene que existe mayor presencia de plantas perennes con un (75%) y los árboles de especie caducifolios con el (25%) (Figura 26), esto se debiera a la relación que con las especies identificadas en la Figura 25, ya que en mayor presencia se muestra a los Cítricos y la Chima árboles de hoja perenne y como los más representativos de hoja caducifolia son Mara y Flor de Mayo ambos con un 16,58%.

Con esta percepción general se sugiere un contexto más de enfoque económico puesto que los Cítricos son mayormente asociados al Cacao, y a criterio del productor como especie de sombra específica común se tendría a la Chima que también proporcionaría un recurso alimenticio más propiamente de autoconsumo, otra especie de aporte económico al productor y comúnmente asociado es la Mara de particularidad caducifolia.

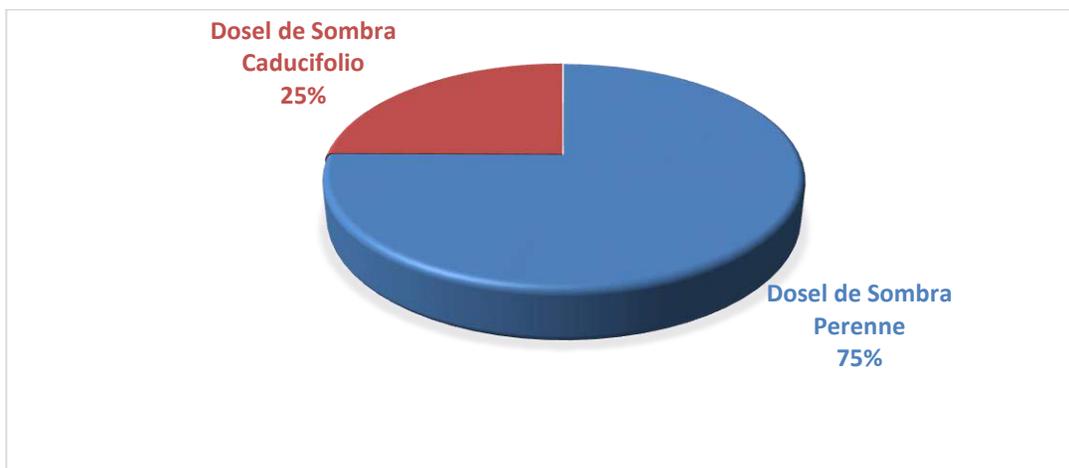


Figura 26. Variación de follaje de especies de dosel de sombra asociada a 55 árboles de cacao

El tener solo un 25% de especies caducifolias presentes asociadas a los 55 árboles de cacao sugiere el poco manejo de sombras, que no influenciarían en la productividad, lo mismo al tener a los cítricos como especie de dosel de sombra permanente que en su mayoría son de altura similar al cacao.

6.1.10 Alturas de dosel de sombra asociadas a 55 árboles de cacao

Las alturas para la proporción de sombra a los cacaos son mayores a 5 m de entre los cuales en un rango hasta 10 m fueron: Banano, Achachairu, Cítricos, Inga, Palto, Itapallo, Huayruru, Palmera, Leucaena, Mara, Siquile, Quina Quina, Teca, Yaca, Pacay y Pan de fruta los mismos que brindarían una sombra parcial debido a sus alturas cercanas al del cacao (Figura 27).

Por consiguiente los que presentan mayor altura son: Cedro beniano, Toco colorado, Isigo, Toco blanco, Guayabochi, Mata palo, y Villca con mayor a 20 m, como una media representativa de este rango de muestras evaluadas por especie que aparecen con relativa frecuencia, las especies Villca e Isigo fueron arboles únicos visibles de mayor altura asociados al cacao es decir son poco frecuentes según (Figura 27).

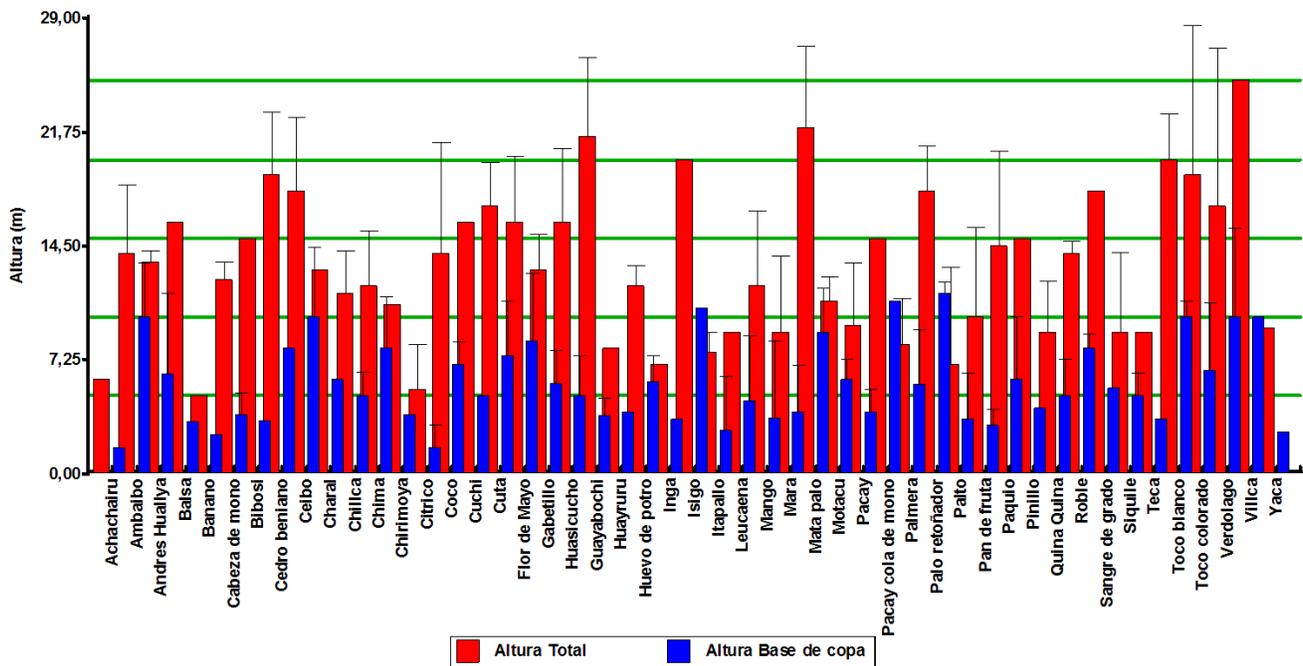


Figura 27. Representación gráfica de altura de dosel de sombra frecuentes en cacao

6.1.11 Densidad de copa de dosel de sombra

La densidad del dosel de sombra presentada fue de 50% valor que alcanzan la mayoría de las muestras evaluadas, siendo muy pocas especies que presentan una densidad de sombra baja (25%) como el Toco Colorado, Mara, Ambaibo, Flor De Mayo, Teca, Leucaena, Chirimoya, Roble y Sangre De Grado, los mismos coinciden en ser especies caducifolias; y en la categoría intensa (75%) se tiene a la Quina Quina, Achachairu, Huayruru, Yaca, Charal e Isigo (Figura 28), los cuales tendrían un potencial de crecimiento, reproductivo, vigor y supervivencia superior a las demás especies de dosel de sombra.

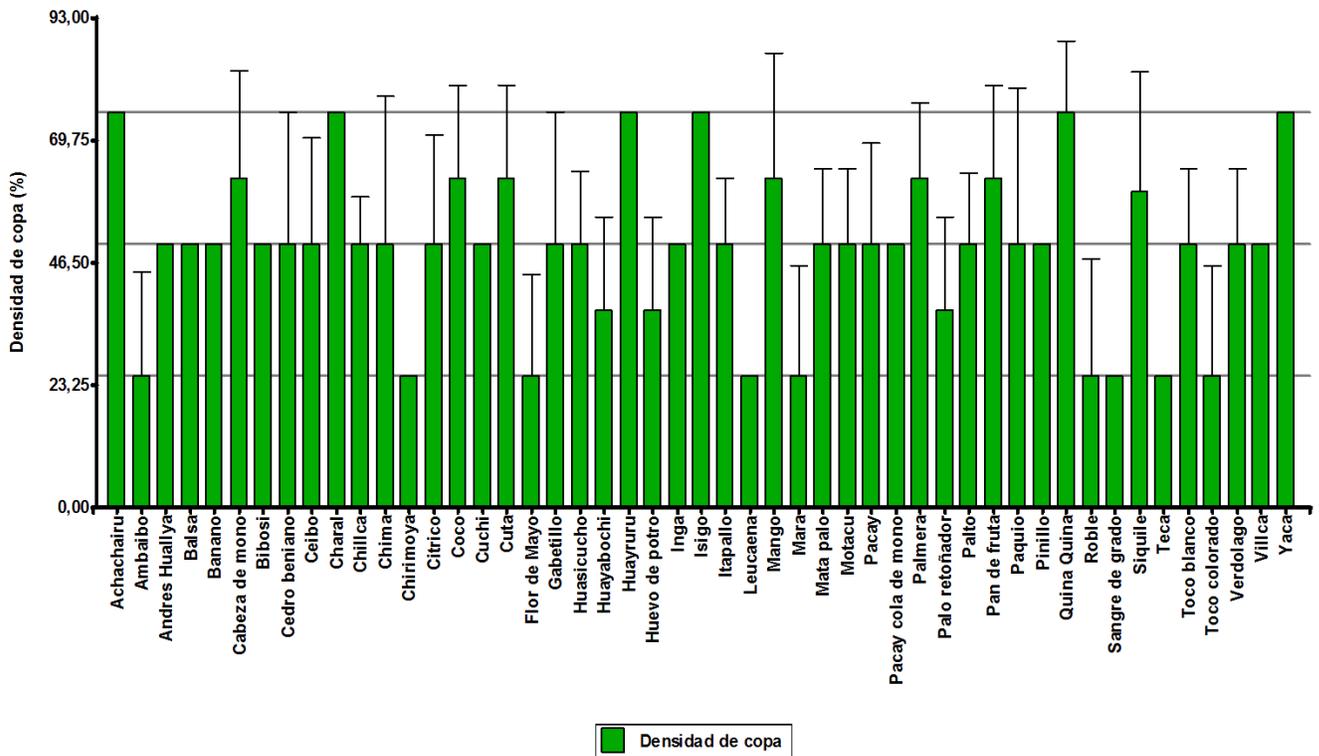


Figura 28. Representación gráfica densidad de copa dosel de sombra frecuentes en cacao

Esta densidad de copa que son determinadas por la cantidad de ramas, de la copa el follaje y las estructuras reproductivas que bloquean la luz que atraviesa la copa es así que un 50 % de los arboles asociados a las 55 árboles de cacao tienen un 50% de follaje los cuales se definen que no se defolían en su totalidad y estar estrictamente relacionada a ser de hoja perenne, además de que esa cantidad de frondosidad les

permite sobrevivir y realizar sus funciones de manera adecuada tal cual menciona Zaragoza *et al.*, (2014).

6.1.12 Presencia de Materia Orgánica

La presencia de materia orgánica presenta una media general de 0,30 Kg con una máxima de 0,62 Kg y una mínima de 0,146 gr por cada 0,25 metro cuadrado (m²), por cada una de las 55 muestras de árboles de cacao según Cuadro 7.

Cuadro 7. Resumen de estadísticas descriptivas Materia Organica asociada al cacao

Estadístico	Unidad	Valor
Media	Kg/m ² /árbol	0,30
Error típico		0,01
Desviación estándar		0,10
Mínimo	Kg/m ² /árbol	0,15
Máximo	Kg/m ² /árbol	0,62
CV	%	34,91
Cuenta	Kg/m ² /árbol	55,00

La presencia de M.O. ubicadas en cada árbol de cacao a nivel de m² oscila de 0,59 a 2,49 kg de entre las 55 muestras que presentan un índice de monilia variable con tendencia de bajar conforme suba la materia orgánica en un 0.0288% por unidad de peso de materia orgánica según se puede observar en la Figura 29.

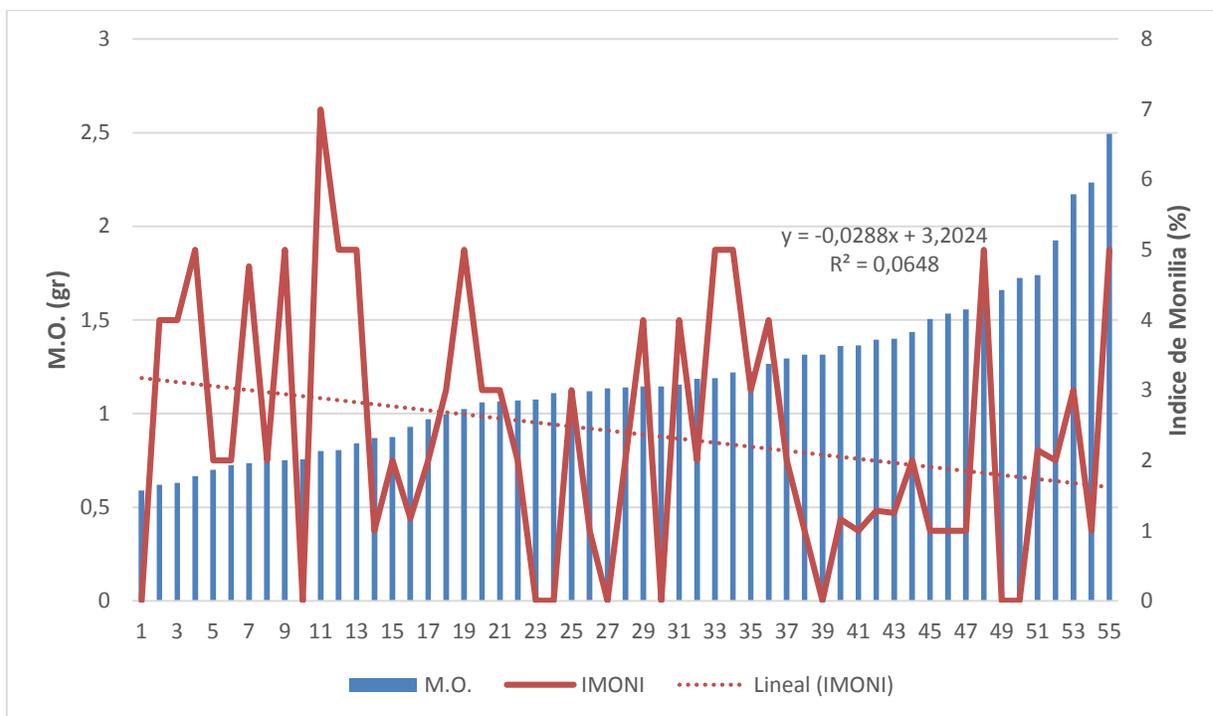


Figura 29. Representación gráfica relación presencia de material orgánico con presencia índice de monilia.

6.2 Respuesta del grado de tolerancia de las plantas de cacao con el efecto del manejo.

6.2.1 Distancia de Plantación

Este es un factor dependiente del criterio del productor, por el cual existen diferentes distancias de plantación de las parcelas evaluadas de entre las cuales fue común encontrar que más del 50% de los cacaos están establecidos a una distancia de 4m x 4m, seguido de 3m x 3m con un 20 %, siendo poco comunes distancias mayores como 4,5m x 4m y 5,5m x 5,5m (Figura 30).

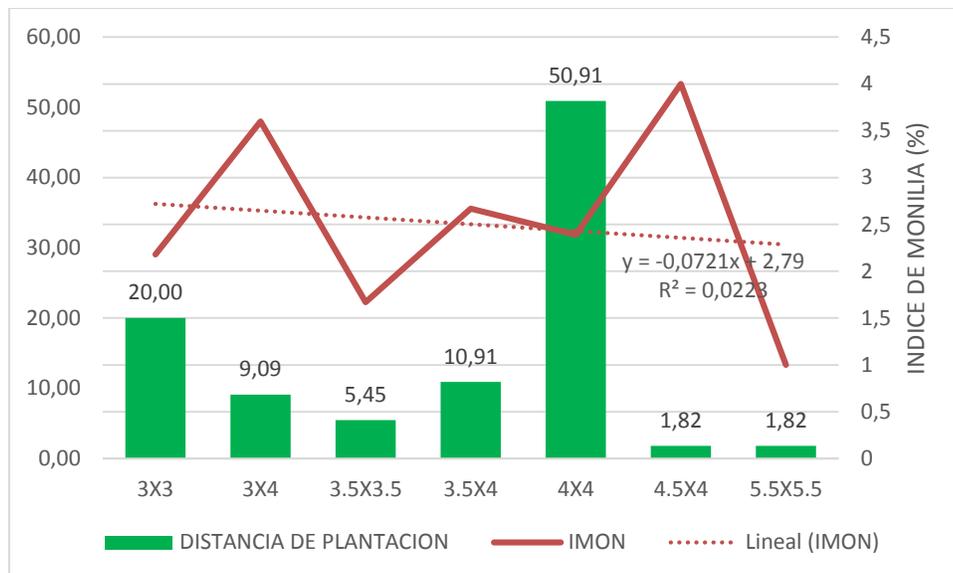


Figura 30. Representación gráfica relación Densidad de plantación con presencia índice de monilia.

El análisis de presencia de monilia frente a estas características de manejo muestran que el índice tiende a bajar (-0,0721) conforme la distancia fuera mayor (5,5x5,5) es decir densidades menores, que se atribuyera a que el cacao tendría mayor espacio para el movimiento del aire, luz que disminuyen la humedad el cual viabiliza los medios para la enfermedad (Agrios, 2005), también coincide con los resultados obtenido por Alcudia *et al.*,(s.f.), donde La plantación con mayor densidad tanto de los árboles de cacao como de sombra, muestran tener una baja producción por árbol y una relativa alta infestación por moniliasis. Esto confirma la importancia, para la producción de cacao, de evitar altas densidades en árboles de sombra y de cacao. Por lo tanto hay mejor control de la moniliasis con manejo de bajas densidades aun sin la intervención periódica del productor, pero prácticamente esto reduciría el número de árboles de cacao por ha, siendo desfavorable económicamente si se tiene material genético de poca producción.

Al respecto, Arvelo *et al.*, (2017) recomienda una densidad de acuerdo a los requerimientos del material genético seleccionado, con el fin de asegurar la mejor

productividad, así como el manejo adecuado y fácil para el productor. Además menciona que el manejo de la densidad de siembra permite aprovechar condiciones de suelo, sombra y luz que reducen la incidencia de plagas y enfermedades.

6.2.2 Manejo de Poda

El manejo de podas como método de control de la monilia es relevante puesto que también lo es para otras enfermedades del cacao, según Figura 31 se sugiere que la incidencia es baja cuando la poda es periódica durante todo el año y presenta mayor incidencia cuando no se realiza ninguna poda y de manera intermedia presenta en la poda que realizan la mayoría de los productores 85% que lo realizan en los meses de julio, agosto y septiembre.

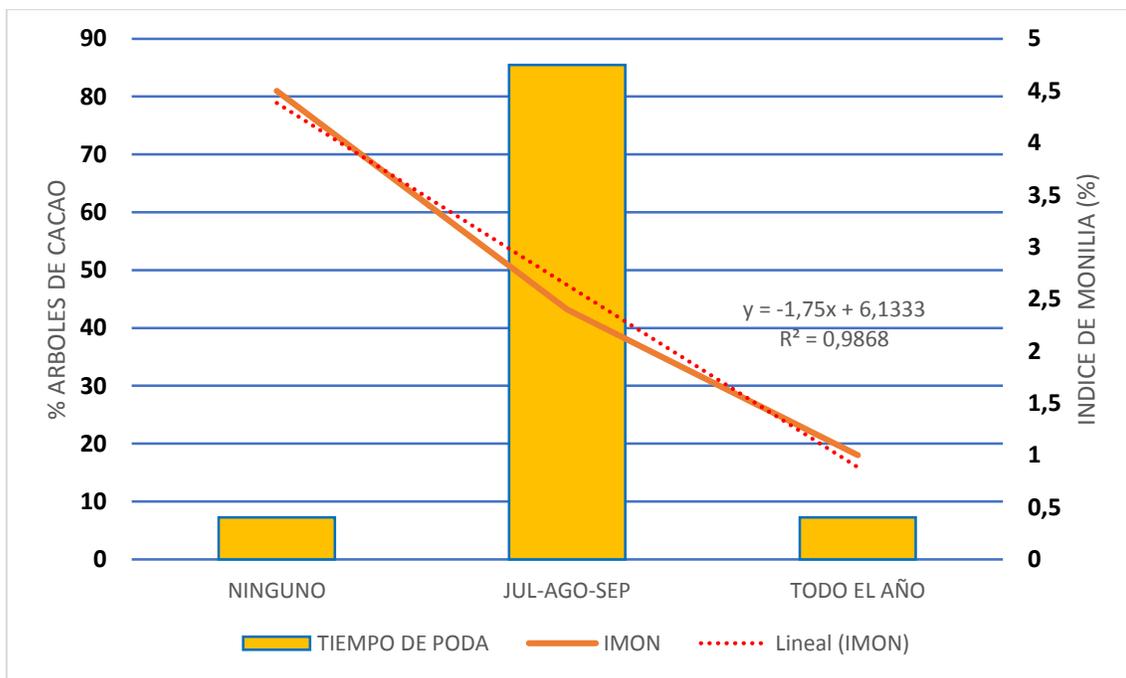


Figura 31. Representación gráfica relación tiempo de poda con presencia índice de monilia.

Estos resultados concuerdan con el criterio mencionado por Arvelo *et al.*, (2017), quien indica que la multiplicación de plagas y enfermedades es mayor en árboles de cacao sin poda con densos doseles y menor en árboles de cacao que han sido podados presentando doseles abiertos y ventilados.

6.2.3 Intervalo de remoción de mazorcas infectadas de monilia

Para el presente estudio este fue un método de que correlaciono la mayor incidencia (4,5%) con la remoción diaria durante la producción de frutos y por el contrario cuando la remoción se hacía cada 30 días es porque según productores no había mayor presencia de mazorcas infectadas (1,8%) y como muestra la Figura 32, el 16% de los arboles observados tenían estas características y un 40 % se lo hacía cada 7 días por el mismo presentan cierta incidencia (2,5%), para el mismo el modelo sugiere que cuando mayor sea el intervalo de remoción de mazorcas infectadas habrá menor presencia de la enfermedad debido a que los mismos productores hacen notar que en sus parcelas hay presencia de la monilia y toma un tiempo adicional en poder controlarla, es así que sugiere el entrar a la parcela casi diariamente. ($R^2=0,6247$).

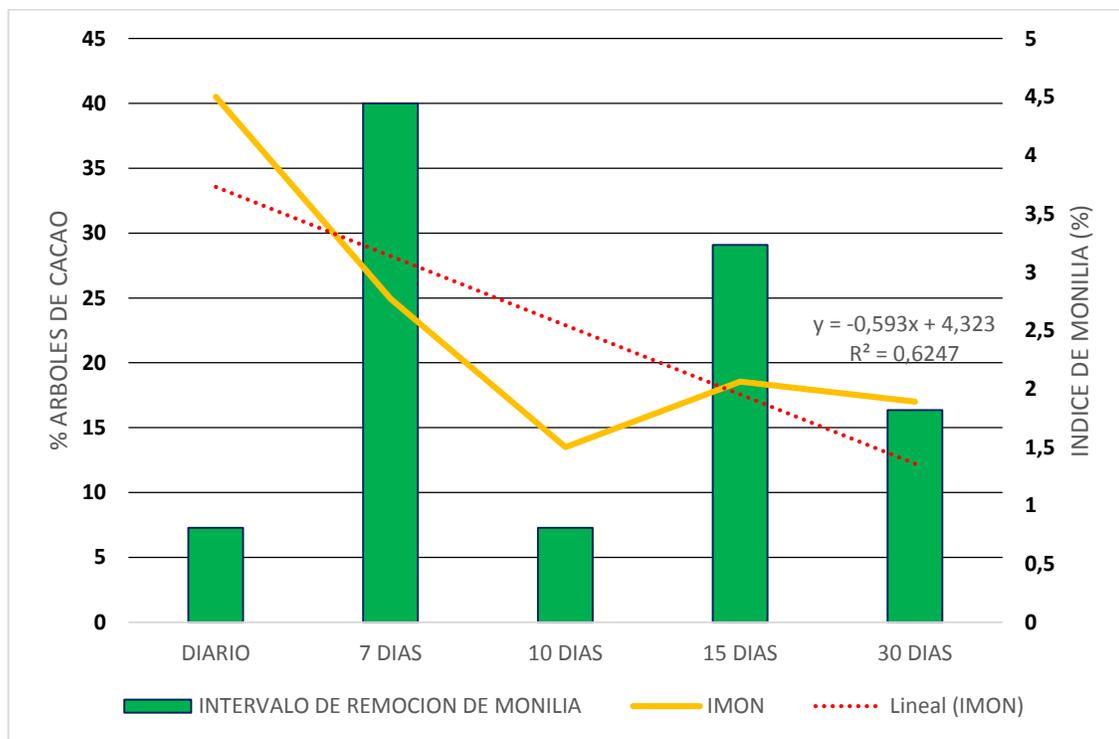


Figura 32. Representación gráfica relación intervalo remoción de mazorcas con presencia índice de monilia.

Krauss *et al.*(2003) muestra dos regímenes de remoción (cada 8 y cada 15 días) aumentaron el rendimiento, solo el régimen de 8 días aumentó el porcentaje de

mazorcas sanas criterio coincidente por tener el control de la enfermedad cuando se la tiene presente, debido a que cuando no la hay la remoción es de periodos distantes (15 a 30 días).

La remoción de mazorcas a lo largo del ciclo productivo es una estrategia efectiva para el control de enfermedades fúngicas así como un indicador de cuan presente está en la parcela.

6.2.4 Análisis Manejo de Cacao

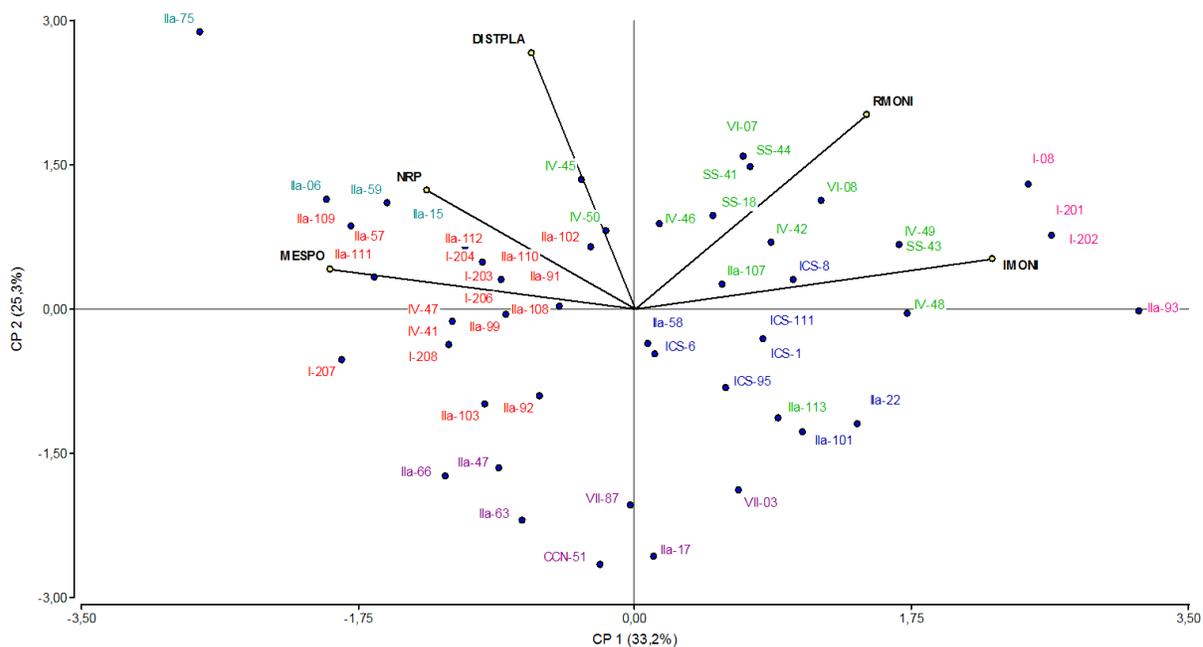


Figura 33. Análisis de componentes principales de Manejo de cacao.

El biplot (Figura 33) muestra la representación espacial de las variables en cuanto al manejo que se realiza con el árbol de cacao, donde se puede apreciar factores positivos en el control de la monilia como el manejo de la densidad de siembra en cuanto a la distancia de plantación, si este es mayor habrá menor incidencia de la monilia, también se aprecian que el número de ramas primarias están correlacionadas con el periodo de podas, selecciones peculiares como Ila- 75, Ila-06, muestran que un follaje denso por tener mayor número de ramas primarias que a pesar de dar

condiciones a la epidemiología de la monilia estas no la presentan, sugiriendo un factor tolerante genéticamente.

6.3 Análisis agroambiental a la respuesta de material tolerante a moniliasis

6.3.1 Altura VS Índice de Monilia

En este análisis se pretende relacionar que la enfermedad es menos incidente a mayor altura, de entre los índices presentados la relación es muy baja pero muestra que existe la tendencia de bajar a mayor altura (Figura 34), esto debido a que la humedad no permanece estable así como la materia orgánica reduciendo medios de desarrollo de la enfermedad. Sin embargo la *M. roseri* prospera de 0 a 1520 msnm, con precipitaciones anuales de 780 a 5550 mm y temperaturas promedios anual de 18.6 °C a 28 °C según Phillips-Mora (2003), por el cual el alto nivel de adaptación (aptitud epidémica) a diferentes ambientes y gran número de esporas generadas/ciclo hacen de *M. roseri* sea un invasor de nuevas regiones geográficas (Evans, 2002; Phillips-Mora, 2003).

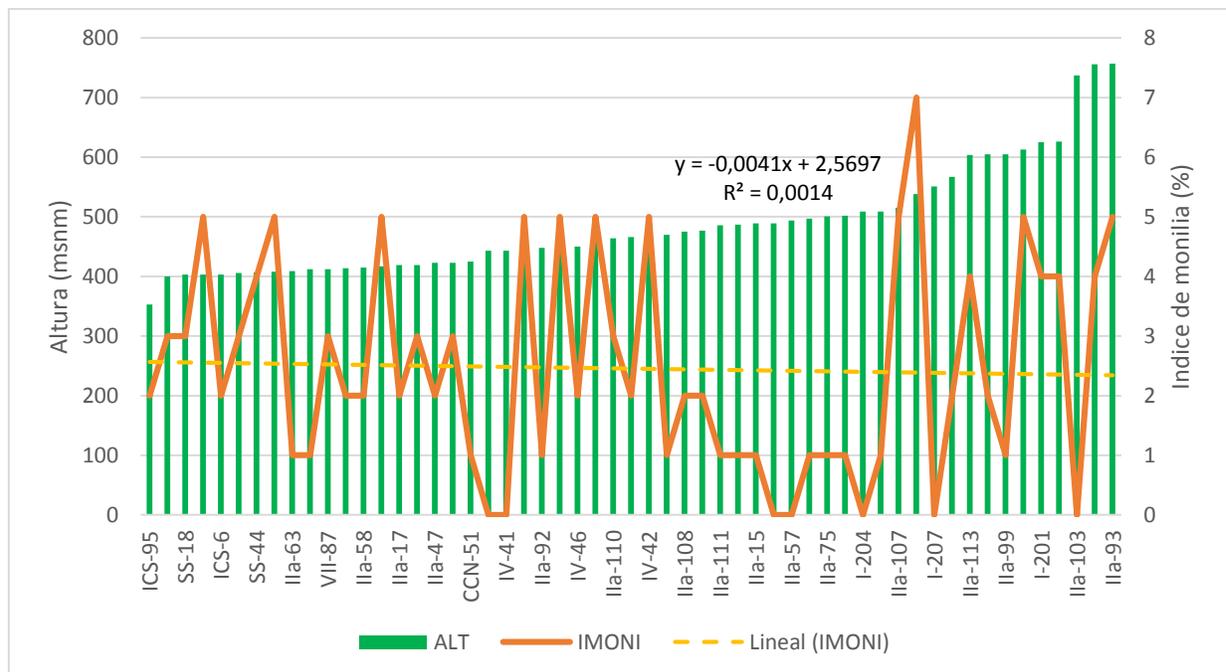


Figura 34. Representación gráfica relación altura ubicación de árbol con presencia índice de monilia.

6.3.2 Diámetro de Copa

El diámetro de copa del cacao es variable debido al manejo por podas sin embargo por el porte que caracteriza al genotipo existe diámetros mayores de entre 5 a 8 m que presentan menor incidencia de monilia como la selección I-203, más allá de proponer buenas condiciones para el desarrollo de la enfermedad esto sugiere sean genotipos tolerantes (Figura 35) así también indica una ligera relación entre diámetro e incidencia cuanto mayor es el diámetro es ligeramente mayor la incidencia de monilia ($R^2=0,0024$).

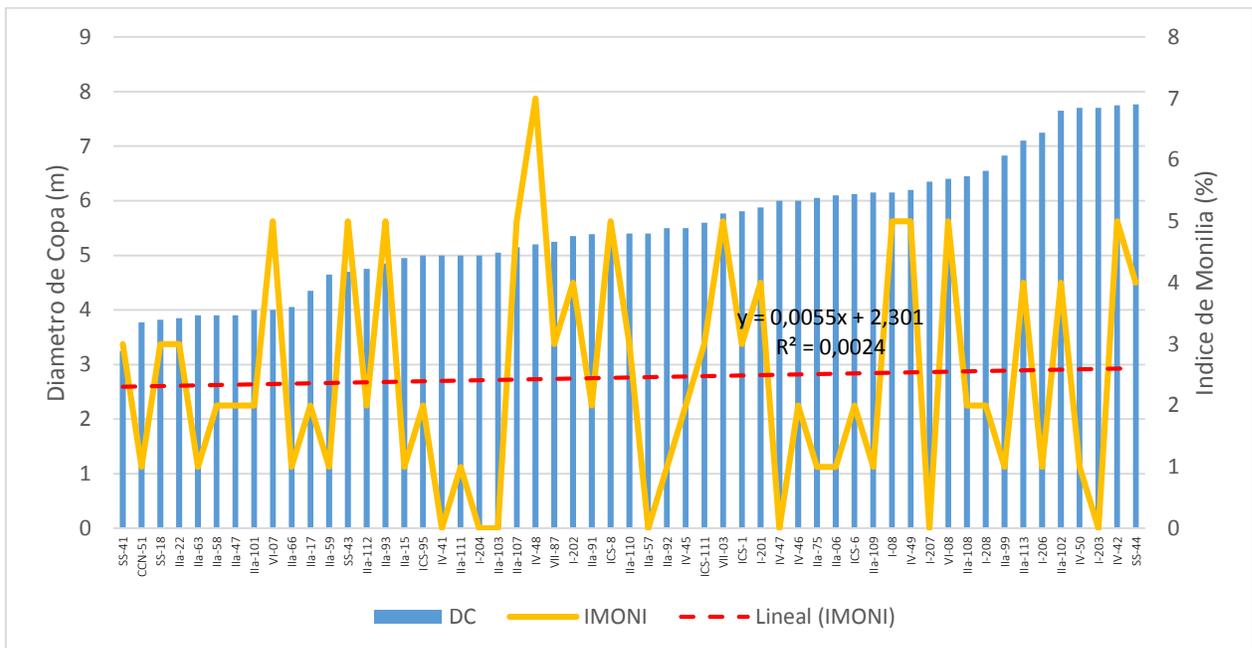


Figura 35. Representación gráfica relación Diámetro de Copa de árbol de cacao con presencia índice de monilia.

6.3.3 Nivel de Autosombra

La autosombra de la planta de cacao presento en su mayoría un nivel del 50% con el 70% de las muestras totales de los cuales esta población muestra mayor porcentaje de presencia de monilia, y con una tendencia ($R^2=0,8583$) de incrementarse cuando este obtuviera una autosombra del 75% o reducirse cuando presente una autosombra de 25%, Como sugiere la (Figura 36).

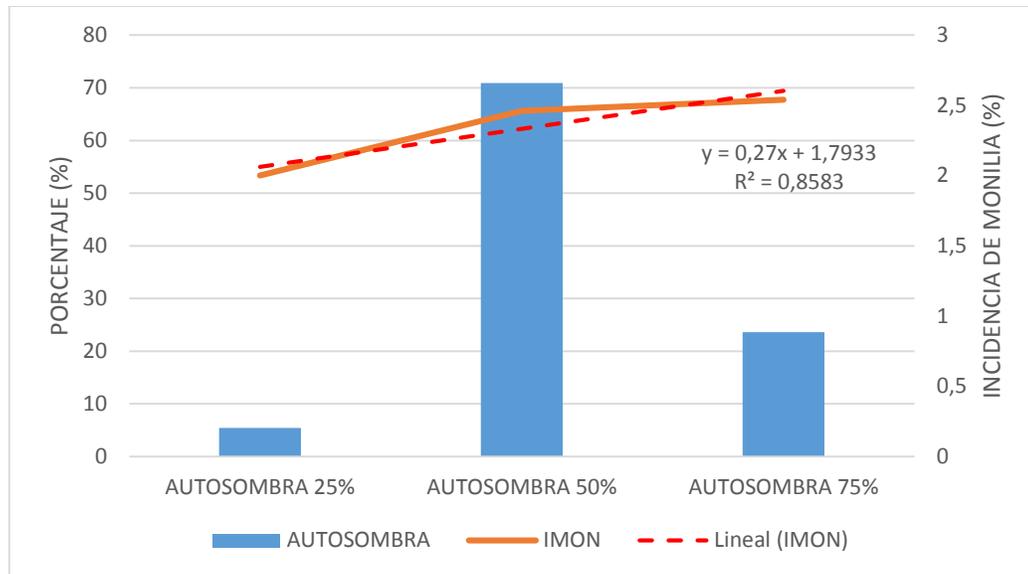


Figura 36. Representación gráfica relación Densidad de Autosombra de árbol de cacao con índice de monilia.

Esta condición compromete las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, ya que por el mismo se puede formar mayor o menor sombra factor relacionable al desarrollo de *M. roreri*.

Al respecto Somarriba (2004) indica que el porcentaje de autosombra es influenciada por la copa de los árboles de cacao, la altura y la poda efectuada sobre ellas. En aquellas plantaciones donde la copa de los árboles es espesa (densa) una altura por encima de los 4 m provoca mayor cantidad de sombra modificando el ambiente dentro de su área de predominio, por el cual árboles de estas características no requiere otras especies como dosel de sombra.

6.3.4 Pendiente

Esta variable se relacionó con la presencia de monilia de las 55 muestras de cacao donde se observa según la ligera tendencia ($R^2=0,0557$), que el índice se reduciría a mayor pendiente (Figura 37), esto se debiera a que las condiciones se formen desfavorablemente para la sobrevivencia de *M. roreri* por ejemplo la humedad no permanecería estática en esos lugares y disminuyen con ello buenas condiciones para el desarrollo de la enfermedad, sin embargo no es un factor determinante puesto que

la selección IV-48 no cumpliría con este fundamento, más se debiera al tipo de material genético, lo mismo sucede con la selección IV-47 que no presenta monilia a pesar de tener pendiente baja.

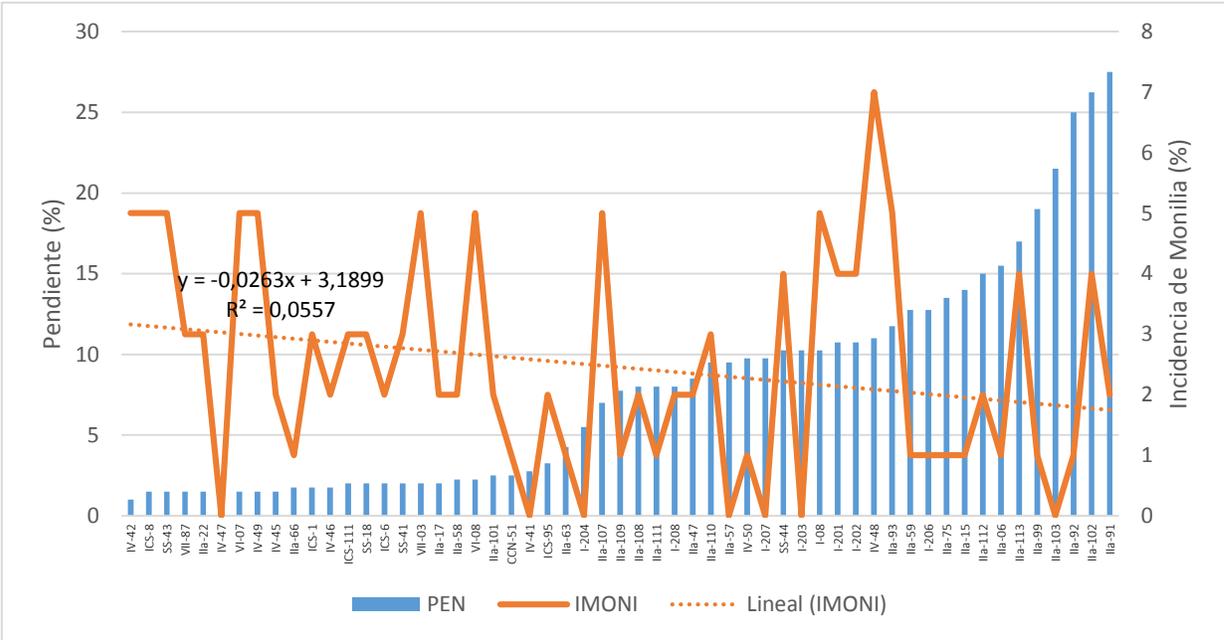


Figura 37. Representación gráfica relación pendiente ubicación de árbol de cacao con índice de monilia.

6.3.5 Análisis de Relación Índice de Monilla con condiciones de Sitio

Para estudiar la relación entre la pendiente (Pen), Dosel de Sombra Perenne (DSP), Dosel de Sombra caducifolio (DSC), Rendimiento de Cacao Seco(R/Kg/año) y Materia Orgánica (M.O.) con el índice de monilia, se registraron 55 mediciones de los mismos según Cuadro 8.

En el primer componente según Figura 38 resumió el 28,9 % de la variabilidad de la matriz original en tanto que el componente 2 explica el 23,6 %, la varianza explicada por los componentes es de 52,2 %, el primer componente es asociado a condiciones de sitio y rendimiento, en tanto que el segundo implica a las variables Índice de monilia y presencia de materia orgánica.

Existe relación directa entre las variables DSC con PEN y cercanamente DSP es decir cuánto más pendiente se presenta existe mayor población de dosel de sombra caducifolia y perenne para las 55 muestras de cacao evaluadas según se observa en el primer componente, en cambio existe correlación negativa directa entre índice de monilia y presencia de materia orgánica, es decir cuánto más es la presencia de monilia en cacao este tiene menor presencia de materia orgánica presente a su alrededor.

7 CONCLUSIONES

A partir de la evaluación de la interacción de factores agroambientales en 55 plantas promisorias de cacao con diferentes grados de tolerancia a moniliasis y diferente manejo se puede concluir que:

Respecto de la edad y diámetro de tronco de los árboles promisorios de cacao la población mayoritaria comprenden entre 15,6 a 42 años con un diámetro promedio de 21,34 cm el mismo que se incrementaría de 0,26 cm por año.

La altura de los árboles de cacao presenta semejanza relativa entre sí, tanto la altura total con una media de 4.51m y altura base de copa con 1.93m, características al que la edad no es influyente, esto por el constante control por parte de los productores para un manejo de parcela efectivo.

La apertura de copa del árbol de cacao presento es su mayoría la categoría semiabierta (58%), abierta (35%), y cerrada (7%); esto se debe al tipo de material genético y el manejo con podas además de que es una variable que muestra una relación significativa con el ángulo de inserción.

El dosel de sombra que va asociada al árbol de cacao tiene en su mayoría el cultivo de cítricos (22 %), de un total de 49 especies identificadas estos cítricos fueron comunes por ser de interés económico del productor; como otras especies frecuentes se tiene a la chima (15 %), mara (12%) y flor de mayo (5%) todos ellos como los más representativos y debido a sus características de follaje se obtuvo el 75% de variación de follaje perenne y un 25% caducifolio.

De lo anterior la altura de dosel de sombra consideradas de 5 m a 10 m fueron: banano, cítricos, familia melina, y achachairu; los de mayor altura se tiene a: huayabochi, isigo y villca con mayor a 20 m estos últimos con muestras únicas por lo tanto menos

frecuentes como dosel de sombra para el cacao, y las especies más frecuentes entre los cacaotales miden de 10 a 20 m.

La densidad del dosel de sombra presentada fue de 50% valor que alcanzan la mayoría de las muestras evaluadas, siendo muy pocas especies que presentan una densidad de sombra baja (25%), los mismos concuerdan en ser especies caducifolias; y en la categoría densa (75%) se tiene a la quina quina, achachairu, huayruru, yaca, charal e isigo.

La presencia de M.O. presente en cada árbol fue de 0,59 a 2,49 Kg por m² que presentan un índice de monilia variable con tendencia de bajar conforme suba la materia orgánica en un 0.0288% por unidad de peso de materia orgánica.

La distancia de plantación es un factor dependiente del criterio del productor, en este sentido fue común encontrar (50,91%) el establecimiento de los cacaos a una distancia de 4m x 4m, seguido de 3m x 3m con un 20 %, siendo poco comunes densidades menores a distancias como 4,5m x 4m y 5,5m x 5,5m.

El análisis de presencia de monilia frente a esta característica de manejo muestran que el índice tiende a bajar (-0,0721) conforme la densidad fuera menor (5,5m x 5,5m), pero prácticamente esto reduciría el número de árboles de cacao por Ha, siendo desfavorable económicamente.

El manejo de podas como método de control de la monilia que realizan la mayoría de los productores (85%) es en los meses de julio, agosto y septiembre que es de categoría intermedia, la incidencia es baja cuando la poda es periódica durante todo el año y presenta mayor incidencia cuando no se realiza ninguna poda.

Para el presente estudio este fue un método de control que correlaciono la mayor incidencia (4,5%) con la remoción diaria durante la producción de frutos y por el contrario cuando la remoción se hacía cada 30 días es porque hay menor presencia

de mazorcas infectadas (1,8%), el 16% de los árboles observados tenían estas características y un 40 % se lo hacía cada 7 días por el mismo presentan cierta incidencia (2,5%), para el mismo el modelo sugiere que cuando mayor sea el intervalo de remoción de mazorcas infectadas habrá menor presencia de la enfermedad.

En el análisis de altura como condición de sitio respecto la presencia de monilia, existe la tendencia de bajar su incidencia a mayor altura, esto debido a que la humedad no permanece estable así como la materia orgánica, reduciendo medios de desarrollo de la enfermedad.

El diámetro de copa del cacao es variable debido al manejo por podas sin embargo por el porte que caracteriza al genotipo existe diámetros mayores de entre 5 a 8 m que presentan menor incidencia de monilia más allá de proponer buenas condiciones para el desarrollo de la enfermedad sugiere sean genotipos tolerantes como la selección I-203, así también indica una ligera relación entre diámetro e incidencia cuanto mayor es el diámetro es ligeramente mayor la incidencia de monilia.

La autosombra de la planta de cacao presento en su mayoría un nivel del 50% con en una gran mayoría (70%) de las muestras totales de los cuales esta población muestra mayor porcentaje de presencia de monilia, y con una tendencia de incrementarse cuando este obtuviera una autosombra del 75% o reducirse cuando presente una autosombra de 25%, esta condición compromete las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad dentro el área de cobertura propia del cacao, ya que por el mismo se puede formar mayor o menor sombra.

La pendiente se relacionó con la presencia de monilia donde el índice se reduciría a mayor pendiente, esto se debiera a que se formen condiciones desfavorablemente para la sobrevivencia de la monilia por ejemplo la humedad no permanecería estática en esos lugares factor principal para *M. royeri*

8 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio de la variación de sombra durante el ciclo de producción del cacao según características de tiempos de cosecha (tempraneros, intermedios, tardíos, anuales).

Implementar, parcelas demostrativas con dosel de sombra uniforme distribuidas entre caducifolias y perennes de manera equitativa.

Se recomienda realizar el estudio de relación que existe entre la pendiente y la incidencia de enfermedades fúngicas para el cacao.

Ampliar con fines agroecológicos las investigaciones de radiación solar no interceptada utilizando más de un tipo de instrumentos de medición.

Precisar las condiciones microclimáticas de los diferentes niveles de sombra que existe por genotipo de cacao establecido.

Establecer los aportes anuales de nutrientes como NPK Mg y Ca a través de la caída de hojarasca bajo diferentes tipos de dosel de sombra.

9 BIBLIOGRAFÍA.

- Aens,1996. *Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihue Calel (Argentina)*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 82 p.
- Anderson, 2012. *Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería*. Informe final del proyecto de investigación. Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Lima, Perú. 143 p.
- Arciniegas, 2005; FHIA, 2003; Evans 1998; Delgado *et al.* 1993; Porrás *et al.* 1990. *Manual de enfermedades fitosanitario contra la monilia*. Costa Rica. Pag.23-25.
- Arévalo, E; Zúñiga, L; Adriazola, J. 2004. *Cacao: Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía Peruana*. ICT. Chiclayo, Perú. 184 p.
- Attanasi V.2007.*Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérico tecnológico*,OEA. 131 p.
- Beck, S. 1988. *Las regiones ecológicas y las unidades fitogeográficas de Bolivia*. In *Manual de Ecología, Instituto de Ecología*.UMSA, La Paz, Bolivia. Pág. 233-271)
- (CATIE), el Modernización de la Cacao cultura Orgánica del Alto Beni, Bolivia 19 marzo 2002Pag.7-8.
- Beer, *et al.* 1993; Somarriba y Beer 1999, Schroth *et al.* 2001 *Manual de enfermedades fitosanitario contra la monilia en Costa Rica* Pag. 40-41.
- Bejarano, G. 1961. *Métodos de inoculación artificial y factores favorables para la infección de Monilia rozeri Cif. & Par.* Tesis Ing. Agr. Universidad Central del Ecuador. Quito, EC. pp 54 - 58.
- Bentes G. M., Somarriba E., Pinto W., Pastrana A. ,2005, *Estado y manejo de nuevas plantaciones de cacao injertado en Alto Beni, Bolivia*.
- Boscan y Escalante , 1998; Sanchez, 1999. *Cacao en sistema agroforestales en cultivos asociados en doseles de sombra* CATIE 26-28 p.
- Boscán y Escalante, 1998; Krishnamurthy y Ávila 1999, Saldías *et al.*, 1994. *Especies de sombra utilizadas en Nicaragua* seminario regional en cultivos asociados con cacao Universidad de Córdoba 23-24 p.

- Boulay, 2000. *Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la producción maderable en sistemas agroforestales de Centroamérica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 1 ed. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
- Campusano, 1981. *Estado de la Moniliasis del cacao causada por Moniliophthora roreri en Colombia*. Escuela de Ciencias, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. p. 388-399.
- Castro, O., 1989. *Dinámica de la población de conidios e incidencia de moniliasis a diferentes alturas a partir del suelo de un cacaotal de Matina, Limón*. 1988. Tesis Lic. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. (p.65).
- CATIE/CICAD/OEA.,2001.“Programa cacao orgánico”. *Asistencia técnica y capacitación en sistemas agroforestales, tipo multiestrato*. Departamento de promoción Económica, publicaciones N°/01 CICAD/OEA
- CORPOICA, (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2010. *Manejo de las enfermedades del cacao en Colombia. Programa nacional de investigación para incrementar la sostenibilidad y competitividad del cacao cultura en Colombia*. Colombia. Costa Rica. 124 p.
- Counet C, Oowerx C, Rosoux D, Collin S. 2004. *Relationship between Procyanidin and Flavor Contents of Cocoa Liquors from Different Origins*. J. Agric. Food Chem. 52: 6243-6249.
- CUMAT, 1987. *Capacidad de uso mayor de la tierra, proyecto Alto Beni*. La Paz, Centro de investigaciones de la Capacidad de Uso Mayor de la Tierra Bolivia 146p .
- CUMAT/COTESU.1985. *Capacidad de uso mayor de tierra en Proyecto Alto Beni, informe técnico*. La Paz, Bolivia diseases with special reference to fungal diseases of cocoa. Workshop Manual.CATIE.Turrialba, CR. pp. 29-37.
- Delgado C.1993. *Manual de dosel sombra en los cultivos de cacao y el cultivo de café con dieferentes especies forestales* Ecuador.
- Echerverri,2015. *Estableciemto de sombra con sistemas Agro Foresteria para parselas de Cultivoz Frutales* Panama 43-46 p.

- ECOTOP ,2010. *Manual Asesoramiento en el Desarrollo Rural y Agricultura Ecologica* Bolivia p. 5-7.
- Enríquez, A. 2004. Curso sobre el cultivo de cacao. Serie de materiales de enseñanza. No.22. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 240 p.
- Evans, HC. 1981. *Pod rot of cacao caused by Moniliophthora roreri (Monilia) roreri*. In: *P hytopathological papers* N° 24. CAB.Kew. Surrery, England. Pgs1 – 43.
- Evans, HC; Holmes, KA; Reid, AP. 2003.Phylogeny of the frosty pod rot pathogen of cocoa.Plant Pathology. pp 476 – 485
- Evans, HC; Holmes, KA; Reid, AP; Benito, J. 1973.Classical Biological Control. In: Kraus, U. and Hebbar, H. eds. Research methodology to in biocontrol of plantdiseases with special reference to fungal diseases of cocoa. Workshop Manual. CATIE.Turrialba, CR. pp. 29-37.
- FHIA , 2004; Evans, 1998; Delgado *et al.*, 1993; Porras *et al.*, 1990 *Ventajas y desventajas de los arboles de sombra* en el Alto Beni Pag.67-69.
- Franco, T.L. & Hidalgo R. 2003. *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Cali, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Colombia.*
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, 2004. *Guía Técnica Cultivo de Cacao Bajo Sombra de Maderables y Frutales la Lima Cortes*, Honduras.
- Galindo, J. 1985. *Enfermedades del cacao de importancia económica en América. In: XXV Reunión Anual de la American Phytopathological Society 1985. Guanajuato, México. (p. 26).*
- Gallina,1996.Guiracocha,2001.*Inventario forestal con la asociacion con cacao con distintas especies de sombrio* Ecuador.
- Herrera (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 1988. La Moniliasis del Cacao: elenemigo a vencer / Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de Alto Valor con Cacao en Honduras. 1ª ed. La Lima, Cortés, Honduras. 30 p.
- ICCO (Organización Internacional del Cacao). 2016. Informe anual 2015/2017
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA),2010.*Giua Tecnologica del Cultivo del Cacao Teobroma Cacao.Managua* Nicaragua).

- INTA,2010, *Evaluación de las condiciones ambientales y de sitio y manejo en la fase de establecimiento de cacao (Theobroma cacao L.) en fincas de productores del Alto Beni* Bolivia.
- July, W. 2002. *Morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y del alto de Beni*, Bolivia Tesis Magíster Scientiae. Turrialba Costa Rica, CATIE.
- July, W. 2007. *Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones élites del Alto Beni*. (Tesis posgrado). Bolivia. CATIE. 88 p.
- Leach, AW; Mumford, JD; Krauss,U. 2002. Modelling *Moniliophthora roreri* in Costa Rica.Crop Protection. pp 317 - 326.
- Ludewigs. 1998. *Diversidad de productos que lleva ala estabilidad ecologica en distintos tipos asociacion forestal en las Americas* 12-15 p.
- Maldonado C. 2015. Manual de prevencion, manejo y control de la moniliasis del cacao, Unidad de difucion y Comunicacion de Agronomia-UDIC, 28. La Paz, Bolivia.
- Melnyk 1997, Somarriba 2002. Bolivia. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. La Paz, Bolivia.
- Melnyk 1997, Somarriba 2002. Manual de la arquitectura del dosel de sombra. Costa Rica Pag.12-14.
- Melnyk,. Propa 1997. Gación del árbol de cacao. En Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. CORPOICA – Ministerio de agricultura.Bucaramanga, Colombia. p. 65-72.
- Mora.Leat ,2012. *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba,; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*. Costa Rica 264 p.
- Mota Mayor,2008. *Conocimiento local y decisiones de los productores de Alto Beni, Bolivia, sobre el diseño y manejo de germoplasma de cacaotales*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE,
- Ochse,1965. *Diseño mejorado de doseles de sombraincorporado el conocimiento tecnico cientifico sobre el manejo de arboles* C.R,CATIE.

- Orellana, 1980.. 2012. *Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales*. Serie técnica, Manual técnico CATIE No. 105. 1ed. Turrialba, Costa Rica. 68 p.
- Orozco L. 2017. Cuanto cacao produce un arbol en toda su vida. CATIE. Consultado 12 de octubre 2017. Disponible en <http://www.catie.ac.cr/nicaragua/es/76-cuanto-cacao-produce-un-arbol-en-toda-su-vida.html>.
- Ortiz, M. 2004. Conocimiento local y decisiones de los productores de Alto Beni, Bolivia, sobre el diseño y manejo de la sombra en sus cacaotales. Tesis de maestría, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 84 p.
- Paredes, N. 2003 . *Manual de cultivo de cacao para la Amazonía Ecuatoriana*. Instituto nacional autónomo de investigaciones agropecuarias estación experimental central de la Amazonía DENAREF - unidad de recursos fitogenéticos. Manual No. 76. INIAP, Quito-Ecuador
- Phillips - Mora, W. 2003. *Aspectos fitopatológicos relacionados con la sombra y con los cultivos asociados al cacao*. Memoria serie técnica. Informe técnico CATIE. No.206. en Seminario regional sombras y cultivos asociados con cacao. Turrialba, Costa Rica. p. 31-46.
- Phillips, W.; Cerda, R. 2009. *Catálogo de enfermedades de cacao en Centro America (CATIE)*, Turrialba- Costa Rica. Manual Técnico N.93 dispensable.
- Quispe, J. 2006. *Estudio de la diversidad de componentes del dosel de sombra en el cultivo de cacao en Alto Beni*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Ramos ,et al.s.f. *Evaluación del requerimiento climático en el cultivo del cacao en las parcelas asociadas con SAF Costa Rica*.
- Reynolds, B; Hunter, M. 2001. *Responses of soil respiration, soil nutrients, and litter decomposition to inputs from canopy herbivores*. Soil Biology and Biochemistry
- Rice, G. 2000. *Manual sobre la diversidad en el sistema agroforestal con cacao Tropical* en fincas Ecuador.
- Rice, Greenberg, 2000. *Manual de selección de árboles forestales para sombra para el cultivo cacao* Escuela Politécnica Ecuador.

- Rodriguez ,1980. *Sistemas de produccion con frutales asociados al cultivo del cacao en la conferencia internacional de investigacion en cacao en Santo Domingo.*
- Rosa,1993,Somarriba.2004. *Planificación agroforestal participativa para el enriquecimiento de fincas cacaoteras orgánicas con especies leñosas perennes útiles en Alto Beni, Bolivia.* Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 108 p.
- Sanchez ,Somarriba,2004. *Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá.*Agroforestería en las Américas (6) 22:7-11.
- Sánchez J. 1999. *Distancias de siembra del cultivo del cacao en Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.* CATIE. M.Sc. Costa Rica
- Sánchez, J. 1982.*Reacción de cultivares de cacao a la inoculación artificial con Monilia rozeri.. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE.* M.Sc. Costa Rica Tesis. 55 p.
- Sandoval, G. A. Armbrrecht, H.; Granada. G. A. 1987. *Posibilidad de control biológico de la moniliasis del cacao. In: 10ma conferencia internacional de investigación en cacao, Actas.* Santo Domingo, República Dominicana. Pg 473– 477.
- Sarabia, 2008 *Manual para el manejo con diferentes tipos de poda para el cultivo del cacao* MedellinCO.CN HCH. 150 p.
- Schroth, G. 2003. *Decomposition and nutrient supply from biomass. In Trees, crops and soil fertility: concepts and research methods.* Schroth, G; Sinclair, F. (Eds). CAB International. Wallingford, UK. 437 p.
- Schroth, G; Lehman; J; Rodriguez, M; Barros, E; Macedo, J. 2003. *Plant-soil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. Agroforestry Systems* 53:85-102.
- SENASAG, 2013. Bolivia “Perdida economica en los paises vesinos por nel hongo del cacao”,
- Soberanis,W; Rios, R; Arevalo, E; Zuniga, L; Cabezas, O; Krauss, U. 1999.Increased frequency of phytosanitary pod removal in cacao (*Theobroma cacao*) increases yield economically in eastern Peru.Crop Protection. pp 677 - 685.

- Soberanis,W; Rios, R; Arevalo, E; Zuniga, L; Cabezas, O; Krauss, U. 1999.Increased frequency of phytosanitary pod removal in cacao (*Theobroma cacao*)increases yield economically in eastern Peru.Crop Protection. pp 677- 685.
- Somarriba ,Trujillo, 2005, *Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica* .*Agroforestería en las Américas* 22:6-33
- Somarriba .Eduardo *Cumbre Mundial del Cacao Guayaquil, Ecuador* 2004 No hay recetas!!! *La forma del árbol de cacao y la sombra en el cacaotal en dosel de sombra*, Pág. 46-52.
- Somarriba .Eduardo II *Cumbre Mundial del Cacao Guayaquil, Ecuador* 2014 27 agosto No hay recetas!!! *La forma del árbol de cacao y la sombra en el cacaotal*, Pág. 26-32.
- Somarriba E. 2004. Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales Pag.124-126.
- Suárez C., Delgado, J. (1993). *Moniliasis del cacao, FUNDAGRO*, Quito, Ecuador, (p. 15)
- Suarez, C.; Solis. K. 2003. *Tácticas de manejo integrado de enfermedades disponibles para producción de cacao orgánico en el Ecuador*.In:
- Suárez, J. 1993. *Enfermedades del cacao y su control In: Manual del cultivo del cacao. 2da edición*. Editado por Estación Experimental Tropical Pichilingue. Publicaciones INIAP. Quito, EC. pp 90 - 106.
- Tesis M.Sc. *Escuela Politécnica del Ejército. Magíster en Ciencias del Control biológico*. Sangolquí, EC. pp 83.
- Torres,2012. Efectividad de extractos vegetales en el manejo de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.) en México. Doctorado en
- Trujillo, L. 2005. *El Proyecto “Modernización de la Cacaocultura Orgánica del Alto Beni, Bolivia”*. *Agroforestería en las Américas* 43-44.
- Vilas, M. 1998. *Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas*. *Orsis* 13:105-117.

- Yamada Mm, Faleiro Fg, Lopes Uv, Bahia Rc, Pires JI, Gomes Lmc, Ndukwu Mc, Ogunlowo As, Olukunle, Oj. 2010. Cocoa Bean (*Theobroma cacao* L.) Drying Kinetics. Chilean journal of agricultural research 70(4):633-639.
- Yáñez, MV.del R. 2004; *Control biológico de Moniliophthora roreri en el campo mediante el uso de biopreparados a base de Pseudomonas cepacia, Bacillus subtilis en cacao* Tenguel 25 (EET 103). Tesis M.Sc. Escuela Politécnica del Ejército. Magíster en Ciencias del Control biológico. Sangolquí, EC. (pp 83.)
- Yepes, 2004.. Aspectos fitopatológicos relacionados con la sombra y con los cultivos asociados al cacao. Memoria serie técnica. Informe técnico CATIE. No.206. en Seminario regional sombras y cultivos asociados con cacao. Turrialba, Costa Rica. p. 31-46.
- Zhang D, Martinez W.J., Johnson Es, Somarriba E., Phillips W., Astorga C. Mischke S. Y Meinhardt L.W. 2012. Genetic diversity and spatial structure in a new distinct *Theobroma cacao* L. population in Bolivia. Genes. Res. Crop Evol. 59, 239-252.

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos características de 55 arboles de cacao

Nº	CI	ALT	EP	DT	ABC	ATC	DC	NRP	NRS	A I	%AUTO
1	Ila-111	486	38	24,9	1,7	6	5	3	6	30,3	65
2	Ila-110	464	38	21,1	2,2	5,5	5,4	2	5	30,5	75
3	Ila-109	470	40	26,9	1,9	6,5	6,15	4	7	32,3	75
4	Ila-108	475	40	25,7	1,5	4,5	6,45	2	2	25,3	60
5	Ila-107	515	38	25	2,1	5,3	5,15	2	3	27	60
6	Ila-57	494	38	24,4	2,1	4,6	5,4	3	7	34	50
7	IV-41	443	35	16	1,8	4	5	2	6	33,75	50
8	Ila-75	501	30	22,5	2,1	4,5	6,05	4	10	33	60
9	Ila-59	502	30	20,1	2,1	5,8	4,65	2	3	26,5	50
10	Ila-15	489	30	22,3	1,8	4	4,95	1	4	41,5	50
11	Ila-06	497	30	28,2	1,7	4,5	6,1	3	6	48	50
12	Ila-113	604	35	24,9	1,8	5	7,1	1	5	26,8	50
13	Ila-112	605	30	13,05	1,8	4,6	4,75	3	6	30,125	50
14	Ila-99	605	35	15,86	1,8	4,5	6,825	2	6	32,6	50
15	Ila-66	412	25	20,7	2,5	5,2	4,05	3	3	35	75
16	Ila-63	409	25	13,4	2	4	3,9	2	4	28	25
17	Ila-47	423	25	20,8	2,1	4	3,9	3	4	55	25
18	Ila-17	419	25	15,2	1,9	3,4	4,35	1	4	48	50
19	VII-03	417	30	13,9	1,7	2,8	5,765	2	4	60	50
20	VII-87	412	30	11,9	1,8	4	5,25	2	5	45	50
21	CCN-51	425	10	12,3	1,8	3,7	3,775	1	3	48	50
22	Ila-101	414	15	20	1,1	3,1	4	1	3	23	50
23	Ila-58	415	9	13,8	1,55	3,31	3,9	3	7	65,6	50
24	Ila-22	419	30	11,8	1,3	2,7	3,85	1	2	39,2	50
25	ICS-1	423	42	28,3	2,4	5	5,81	2	4	64	25
26	ICS-6	403	42	28	1,9	5	6,125	2	8	33,75	75
27	ICS-8	403	42	21,3	2,1	4,25	5,4	3	6	30	50
28	ICS-95	353	42	24,2	2,3	4,6	5	2	3	41,3	75
29	ICS-111	400	42	27,4	2,6	4,6	5,6	2	8	26,25	75
30	IV-50	487	30	33	1,7	4,1	7,7	2	4	32	75
31	SS-44	407	25	31,4	2,3	5	7,765	2	5	50	75
32	SS-43	408	25	20,8	2,08	2,5	4,7	1	2	55	75
33	SS-41	406	25	13	1,55	3,7	3,25	2	4	48	50
34	SS-18	403	25	28,2	2,82	1,6	3,82	2	4	45	50
35	Ila-102	756	30	30,15	2	5,5	7,65	3	6	37,37	75
36	Ila-103	737	30	29,7	2	5,3	5,05	2	4	32,37	65
37	I-08	613	9	9,3	1,5	3,7	6,15	3	7	28,3	50
38	I-202	626	9	16,6	1,8	4	5,35	2	4	24,75	50
39	I-201	625	9	18,4	1,8	5	5,875	2	4	25	50
40	VI-07	448	42	14,6	1,4	4	4	3	7	25	25
41	VI-08	447	42	26	2,6	7	6,4	2	6	23	50
42	IV-42	469	33	26,3	1,5	4	7,75	2	4	23	50
43	IV-49	461	33	32	1,75	7,1	6,2	1	2	32	50
44	I-203	489	30	31	2	4,5	7,7	2	6	17,25	75
45	I-204	509	30	11,4	1,75	4	5	2	5	47	50
46	I-206	509	30	27,2	2,5	5,5	7,25	2	6	41,3	75
47	I-207	551	40	25	1,9	5	6,35	3	7	42,3	50
48	I-208	567	40	25,3	1,9	4,3	6,55	3	7	49	50
49	IV-47	443	30	21	2,8	7	6	2	4	50	75
50	Ila-93	757	38	14,37	2,2	4,15	4,85	2	5	19,5	50
51	IV-45	477	11	16,5	1,9	5	5,5	3	3	31,5	50
52	IV-46	450	18	25	1,5	4	6	2	4	40	40
53	Ila-92	448	15	17,5	2,2	4,2	5,5	2	4	34,5	75
54	Ila-91	466	15	21,1	2	4,1	5,39	2	8	34,125	50
55	IV-48	538	30	16,2	1,3	4,6	5,2	1	3	28,75	50

Anexo 2. Base de datos manejo condiciones de sitio de 55 arboles de cacao

Nº	CI	DENPLA	MESPO	RMONI	PEN	DSP	DSC	M.O.	IMONI	R_KG_AÑO
1	Ila-111	5	2	2	8	4	6	0,431	0	1,38
2	Ila-110	5	2	2	9,5	7	0	0,324	2	2,23
3	Ila-109	5	2	2	7,75	5	4	0,559	1	2,79
4	Ila-108	5	2	2	8	5	0	0,268	2	3,69
5	Ila-107	5	2	2	7	5	3	0,184	5	2,88
6	Ila-57	5	2	2	9,5	3	2	0,415	0	2,35
7	IV-41	5	2	2	2,75	5	3	0,284	0	2,81
8	Ila-75	7	3	4	13,5	7	2	0,34	1	3,38
9	Ila-59	5	3	4	12,75	1	0	0,218	1	2,29
10	Ila-15	5	3	4	14	4	1	0,329	1	1,84
11	Ila-06	4	3	4	15,5	5	0	0,349	1	3,35
12	Ila-113	3	2	2	17	8	3	0,155	4	2,27
13	Ila-112	5	2	2	15	1	0	0,175	2	2,83
14	Ila-99	5	2	2	19	13	4	0,28	1	2,61
15	Ila-66	1	2	1	1,75	0	1	0,341	1	2,06
16	Ila-63	1	2	1	4,25	5	2	0,35	1	2,13
17	Ila-47	1	2	1	8,5	5	5	0,219	2	3,36
18	Ila-17	1	2	1	2	2	1	0,435	2	2,2
19	VII-03	1	2	1	2	5	5	0,256	5	2,25
20	VII-87	1	2	1	1,5	5	2	0,543	3	2,49
21	CCN-51	1	2	1	2,5	4	0	0,389	1	3,56
22	Ila-101	1	2	4	2,5	12	0	0,186	2	3,48
23	Ila-58	1	2	4	2,25	1	1	0,243	2	2,07
24	Ila-22	1	2	4	1,5	13	0	0,265	3	2,98
25	ICS-1	2	2	4	1,75	1	6	0,279	3	3,89
26	ICS-6	2	2	4	2	7	2	0,233	1	3,93
27	ICS-8	2	2	4	1,5	10	0	0,305	5	3,23
28	ICS-95	1	2	4	3,25	2	1	0,296	2	1,23
29	ICS-111	2	2	4	2	2	1	0,306	3	2,04
30	IV-50	5	2	4	9,75	2	2	0,384	1	2,49
31	SS-44	6	2	4	10,25	3	0	0,289	4	2,01
32	SS-43	5	2	4	1,5	6	0	0,201	5	0,41
33	SS-41	5	2	4	2	4	0	0,266	3	1,95
34	SS-18	5	2	4	2	1	0	0,249	3	2,28
35	Ila-102	5	2	2	26,25	14	6	0,158	4	2,01
36	Ila-103	3	2	2	21,5	20	5	0,286	0	2,52
37	I-08	4	1	5	10,25	6	0	0,188	5	1,76
38	I-202	4	1	5	10,75	7	0	0,286	4	2,97
39	I-201	4	1	5	10,75	3	0	0,316	4	2,05
40	VI-07	5	2	4	1,5	5	3	0,624	5	3,82
41	VI-08	5	2	4	2,25	4	0	0,21	5	3,46
42	IV-42	5	2	3	1	5	0	0,166	5	3,85
43	IV-49	5	2	4	1,5	3	1	0,298	5	3,69
44	I-203	5	2	3	10,25	3	1	0,148	0	3,71
45	I-204	5	2	3	5,5	4	1	0,329	0	3,97
46	I-206	5	2	3	12,75	1	1	0,269	0	3,2
47	I-207	4	2	1	9,75	2	2	0,189	0	3,92
48	I-208	4	2	1	8	4	2	0,181	2	2,41
49	IV-47	5	2	2	1,5	2	0	0,278	0	3,2
50	Ila-93	2	1	5	11,75	15	8	0,413	5	3,03
51	IV-45	5	2	4	1,5	1	0	0,481	2	3,05
52	IV-46	5	2	4	1,75	2	2	0,285	2	1,61
53	Ila-92	3	2	2	25	7	5	0,376	1	2,36
54	Ila-91	5	2	2	27,5	5	2	0,359	2	1,66
55	IV-48	5	2	2	11	14	0	0,2	7	1,66

Anexo 3. Fotografía Delimitación muestral de condiciones de sitio de arboles de cacao



Anexo 4. Fotografía Condiciones de sitio de arboles de cacao



Anexo 5. Fotografía parcela de cacao con dosel de sombra permanente



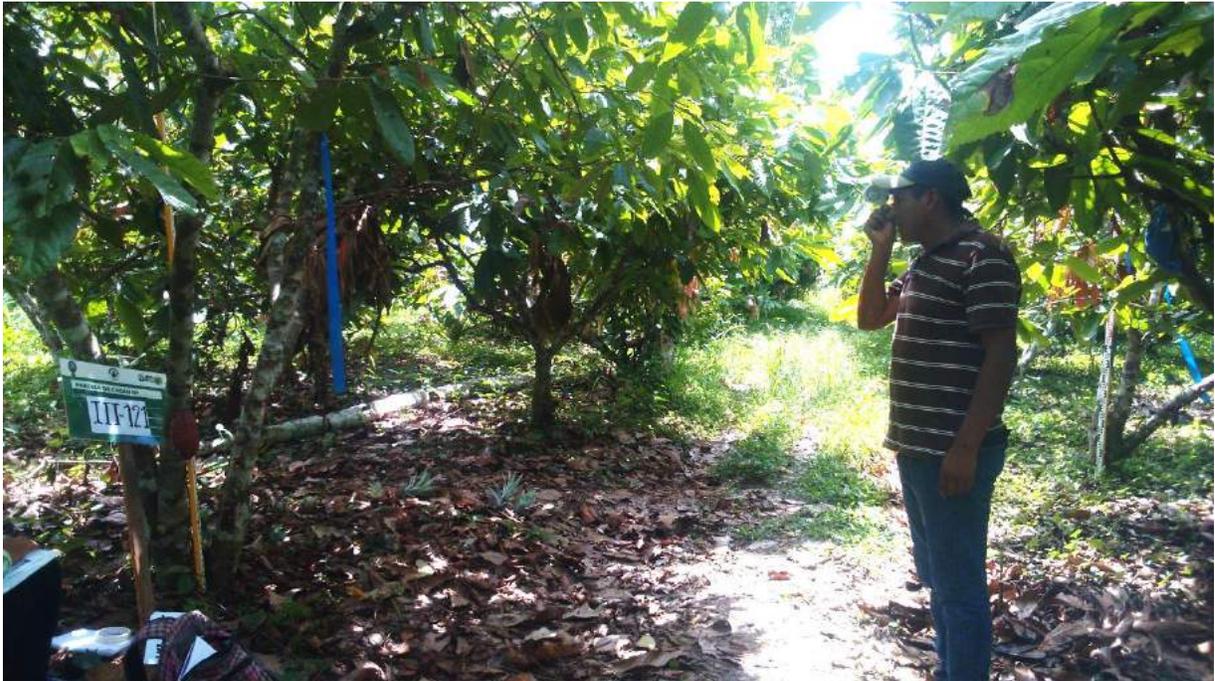
Anexo 6. Fotografía parcela de cacao con dosel de sombra temporal cultivo asociado



Anexo 7. Fotografía parcela de cacao con dosel de sombra temporal



Anexo 8. Medida alturas de dosel de sombra con clinometro



Anexo 9. Productor de cacao accediendo al muestreo de su parcela



Anexo 10. Equipo de tesistas Sub Proyecto Cacao 2016



Anexo 11. Equipo técnico de campo Estación Experimental Sapecho 2016



Anexo 12. Cosecha de cacao Estación Experimental Sapecho 2016



Anexo 13. Amigos y compañeros de tesis CIPyCA Alto Beni-2016

