

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema: “Evaluación del crecimiento inicial de árboles de acacia (*Acacia melanoxylon*; R.Br.) en el establecimiento de un sistema silvopastoril en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi.”

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR (a): Veronica Alexandra Benavides Bravo

TUTOR (a): Ing. Hernán Rigoberto Benavides Rosales M.Sc.

TULCÁN – ECUADOR

2018

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que la estudiante Veronica Alexandra Benavides Bravo con el número de cédula 0401634647 ha elaborado el trabajo de titulación: “Evaluación del crecimiento inicial de árboles de acacia (*Acacia melanoxylon*; R.Br.) en el establecimiento de un sistema silvopastoril en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

f.....

Ing. Hernán Benavides Rosales M.Sc.

f.....

Dr. Luis Balarezo Urresta

Tulcán, 19 de diciembre de 2018

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, Veronica Alexandra Benavides Bravo con cédula de identidad número 040163464-7 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal. Los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

Veronica Alexandra Benavides Bravo

Tulcán, 19 de diciembre de 2018

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Veronica Alexandra Benavides Bravo declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Evaluación del crecimiento inicial de árboles de acacia (*Acacia melanoxylon*; R.Br.) en el establecimiento de un sistema silvopastoril en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi”. y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Veronica Alexandra Benavides Bravo

Tulcán, 19 de diciembre de 2018

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y en particular a la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales por abrir las puertas a la juventud carchense brindando conocimientos en el ámbito científico, cultural y ético formando profesionales que beneficien a la sociedad.

A sus distinguidas autoridades que día a día luchan para mantener las puertas abiertas de esta gran casona del saber y permitir hacer realidad el sueño de muchos jóvenes, obtener un título de tercer nivel en una universidad de gran prestigio como lo es la UPEC.

A mi tutor, M.Sc. Hernán Benavides por la confianza que depositó en mí, la paciencia y dedicación que tuvo durante mis tutorías compartiendo sus conocimientos, guiándome y orientándome a finalizar con éxito esta investigación.

A los docentes de la Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario que durante toda mi carrera profesional aportaron no solo conocimientos y saberes, sino también con valores de respeto, solidaridad y servicio.

DEDICATORIA

A mi madre Rosita, mujer luchadora y entregada a su hogar, que desde pequeña ha impulsado en mí el deseo de superación y crecimiento personal, porque ha estado ahí incansablemente guiándome y dándome fortaleza para seguir adelante, gracias madre por tus consejos, tu ayuda, tu amor para mí y mis hermanos. De la mano y siempre juntas luchando día a día.

A mis hermanos Jorge Ernesto y Cristian Andrés quienes día a día me entregan su cariño, afecto y comprensión, a parte del apoyo necesario para la realización de este trabajo, a ustedes mi entrañable amor y cariño.

A mis abuelitos, tíos y primos que siempre me han brindado su incondicional apoyo en esta etapa de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado.

ÍNDICE

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR	i
AUTORÍA DE TRABAJO	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
I. PROBLEMA.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.4.3. Preguntas de Investigación	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
2.2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.2.1. Definición de Sistema Silvopastoril	6
2.2.1.1. Beneficios ambientales y productivos de los sistemas silvopastoriles	7
2.2.1.1.1. Conservación del recurso agua.....	7
2.2.1.1.2. Conservación del recurso suelo.....	8
2.2.1.1.3. Conservación de la vegetación	8
2.2.1.1.4. Conservación de biodiversidad	8
2.2.1.2. Especies arbóreas utilizadas en el establecimiento de los sistemas silvopastoriles .	8
2.2.1.3. Tipos de sistemas silvopastoriles	9

2.2.1.3.1 Cerca Viva	9
2.2.1.3.2. Bancos Forrajeros	10
2.2.1.3.3. Árboles dispersos en potreros.....	10
2.2.1.3.4. Pastoreo en plantaciones.....	11
2.2.1.3.5. Pasturas en callejones	11
2.2.2. Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i> ; R.Br.).....	11
Clasificación taxonómica:	11
2.2.2.1. Generalidades de la especie.....	12
2.2.2.2. Requerimientos edafoclimáticos.....	12
2.2.2.3. Características botánicas.....	12
2.2.2.3.1. Hojas	12
2.2.2.3.2. Flores.....	13
2.2.2.3.3. Frutos	13
2.2.2.4. Usos de la Acacia Negra.....	13
2.2.2.5. Aspectos de manejo	13
2.2.2.6. Plagas y enfermedades.....	14
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	15
3.1.1. Enfoque.....	15
3.1.2. Tipo de Investigación	16
3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER.....	17
3.2.1. Hipótesis Afirmativa	17
3.2.2. Hipótesis Nula.....	17
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	18
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	19
3.4.1. Determinación de la muestra.....	19
3.4.2. Selección y limpieza.....	19

3.4.3. Medición de altura, diámetro basal del tallo y volumen total del árbol	19
3.4.3.1. Medición de altura	19
3.4.3.2. Medición del diámetro basal del tallo	19
3.4.3.3. Medición del volumen total del árbol	20
3.4.4. Cálculo de los Incrementos medio anual (IMA).....	20
3.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1. RESULTADOS	22
4.1.1. Evaluación del crecimiento de acacia por periodo del año (mes por mes).....	22
4.1.1.1. Crecimiento total promedio de altura por periodo del año.	22
4.1.1.1.1. Diagrama ombrotérmico en función al incremento mensual de altura	23
4.1.1.2. Crecimiento total promedio del diámetro basal del tallo por periodo del año.	24
4.1.1.2.1. Diagrama ombrotérmico en función al incremento mensual del diámetro basal del tallo.	25
4.1.1.3. Crecimiento total promedio de volumen total del árbol por periodo del año.	26
4.1.1.3.1. Diagrama ombrotérmico en función al incremento mensual del volumen total del árbol.	27
4.1.1.4. Promedio de Incremento medio anual de la altura por periodo del año.	28
4.1.1.5. Promedio de Incremento medio anual del diámetro basal del tallo por periodo del año.	29
4.1.1.6. Promedio de Incremento medio anual del volumen total del árbol por periodo del año.	30
4.1.2. Evaluación de crecimiento de acacia por relieves	31
4.1.2.1. Crecimiento total promedio de altura en los diferentes relieves.	31
4.1.2.2. Crecimiento total promedio del diámetro basal del tallo en los diferentes relieves.	32

4.1.2.3. Crecimiento total promedio del volumen total del árbol en los diferentes relieves.	32
4.1.2.4. Incremento medio anual de la altura en los diferentes relieves	33
4.1.2.5. Incremento medio anual del diámetro basal en los diferentes relieves	33
4.1.2.6. Incremento medio anual del volumen total del árbol en los diferentes relieves....	34
4.1.3. Comportamiento de las variables en los diferentes relieves durante el periodo de evaluación.....	34
4.1.3.1. Crecimiento mensual de altura en los diferentes relieves.....	35
4.1.3.2. Crecimiento mensual de diámetro basal del tallo en los diferentes relieves	35
4.1.3.3. Crecimiento mensual de volumen total del árbol en los diferentes relieves	36
4.1.4. Resultados de la correlación entre variables en los diferentes relieves.....	37
4.1.5. Análisis de crecimiento en altura, diámetro basal del tallo y volumen total del árbol en función de la edad.	39
4.1.5.1. Altura en función de la edad.....	39
4.1.5.2. Diámetro basal del tallo en función de la edad.....	39
4.1.5.3. Volumen total del árbol en función de la edad.....	40
4.1.5.4. Altura en función del diámetro basal del tallo.....	41
4.2. DISCUSIÓN	42
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1. CONCLUSIONES	47
5.2. RECOMENDACIONES.....	49
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	I
VII. ANEXOS	X

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficios de las cercas vivas	10
Tabla 2: Incremento mensual de altura en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds)	23
Tabla 3: Incremento mensual del diámetro basal del tallo en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).....	25
Tabla 4: Incremento mensual del volumen total del árbol en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).....	27
Tabla 5: Incremento medio anual de la altura en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).....	29
Tabla 6: Incremento medio anual del diámetro basal del tallo en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).....	30
Tabla 7: Incremento medio anual del volumen total del árbol en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).....	31
Tabla 8: Comportamiento de la altura en los diferentes relieves	32
Tabla 9: Comportamiento del diámetro basal del tallo en los diferentes relieves	32
Tabla 10: Comportamiento del volumen total del árbol en los diferentes relieves.....	33
Tabla 11: Comportamiento del incremento medio anual de la altura en los diferentes relieves ...	33
Tabla 12: Comportamiento del incremento medio anual del diámetro basal del tallo en los diferentes relieves.	34
Tabla 13: Comportamiento del incremento medio anual del volumen total del árbol en los diferentes relieves.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Sistema Silvopastoril con Acacia – Identificación de relieves.	15
<i>Figura 2:</i> Diagrama Ombrotérmico Finca San Vicente.	16
<i>Figura 3:</i> Diagrama Ombrotérmico: Influencia de temperatura y precipitación en el incremento medio mensual de altura.	24
<i>Figura 4:</i> Diagrama Ombrotérmico: Influencia de temperatura y precipitación en el incremento medio mensual del diámetro basal del tallo.....	26
<i>Figura 5:</i> Diagrama Ombrotérmico: Influencia de temperatura y precipitación en el incremento medio mensual del volumen total del árbol.....	28
<i>Figura 6:</i> Altura de los árboles en relación al relieve del suelo durante el año de evaluación.	35
<i>Figura 7:</i> Diámetro basal del tallo en relación al relieve del suelo durante el año de evaluación	36
<i>Figura 8:</i> Volumen total del árbol en relación al relieve del suelo durante el año de evaluación	37
<i>Figura 9:</i> Comportamiento de la altura y diámetro basal del tallo en los diferentes relieves.....	38
<i>Figura 10:</i> Comportamiento de la altura y volumen total del árbol en los diferentes relieves	38
<i>Figura 11:</i> Análisis de regresión - altura en función de la edad	39
<i>Figura 12:</i> Análisis de regresión - diámetro basal del tallo en función de la edad	40
<i>Figura 13:</i> Análisis de regresión – volumen total del árbol en función de la edad.....	40
<i>Figura 14:</i> Análisis de regresión – altura en función del diámetro basal del tallo.....	41

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento inicial de árboles de acacia (*Acacia melanoxylon*; R.Br.) en un sistema silvopastoril en la finca San Vicente, El Carmelo - Carchi durante el período de un año (junio 2016 a mayo 2017). Se tomó una muestra aleatoria de 71 árboles de un total de 4300.

El área de estudio se ubicó en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo a 2936 msnm, suelo moderadamente ácido con un pH de 5,54, anualmente el promedio de precipitación y temperatura oscila entre los 1412,3 mm/año y 12,6 °C respectivamente.

La investigación tuvo como objetivos determinar la influencia de la topográfica, temperatura y precipitación sobre el crecimiento, mediante valores de incrementos medio anual, altura, diámetro basal del tallo y volumen total de los árboles. Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA y la prueba de Tukey con un valor de significancia del 5%.

Los resultados para crecimiento fueron: altura 206,09 cm, diámetro basal del tallo 2,46 cm, volumen total del árbol 924,52 cm³, incremento medio anual de la altura 12,12 cm, incremento medio anual del diámetro basal del tallo 0,15, incremento medio anual del volumen 54,38 cm³ cm referente a los valores obtenidos del último mes de evaluación (mayo 2017). El mejor crecimiento se presentó en el relieve medio obteniendo valores promedio en altura de 175,40 cm, diámetro basal del tallo 1,71 cm, volumen 428,30 cm³, incremento medio anual de la altura 16,45 cm, incremento medio anual del diámetro 0,15 cm e incremento medio anual del volumen del árbol 31,66 cm³.

ABSTRACT

The initial growth of acacia trees (*Acacia melanoxylon*, R.Br.) was evaluated in a silvopastoral system in the San Vicente farm, El Carmelo - Carchi, from a period of one year (June 2016 to May 2017). Seventy-one trees were random sampled from a total of 4300.

The study area was located in the San Vicente farm, El Carmelo parish at 2936 m.o.s.l., moderately acid soil with a pH of 5.54, annually the average rainfall and temperature ranges between 1412.3 mm / year and 12.6 ° C respectively.

The aimed of study were determine the topographic, temperature and precipitation influence over the growth, which was analyzed through the mean annual increases, height, basal diameter of the stem and total volume of trees. The results were analyzed means an ANOVA and Tukey test with a level of significance of 5% in order to established statistical differences.

The results for growth were: height 206.09 cm, basal diameter of the stem 2.46 cm, total volume of the tree 924.52 cm³, annual average height increase of 12,12 cm, mean annual increase of the basal diameter of the stem 0,15, annual average increase of the volume 54,38 cm³ cm referring to the values of the average annual increase at the end of the year (May 2017). The best growth was in the middle slope obtaining average height values of 175.40 cm, basal diameter of the stem 1.71 cm, volume 428,30 cm³, average annual increase in height 16.45 cm, average annual increase in diameter 0.15 cm and average annual increase in tree volume 31.66 cm³.

INTRODUCCIÓN

Los motores físicos causantes de la erosión son las precipitaciones y vientos que actúan recíprocamente con la topografía, suelos y cobertura vegetal (Winters, Espinosa, & Crissman, 1998), sumamos a esto las malas prácticas de manejo y uso extensivo e intensivo de los suelos en actividades agrícolas y ganaderas, como consecuencia el recurso suelo no cumple con su función principal de sostén y soporte de la producción contribuyendo a la degradación y erosión del mismo (Santos & Castro, 2012). Al respecto es necesario contribuir con nuevas ideas, para frenar este efecto el establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP), que son una combinación de árboles, arbustos forrajeros y pastos con la producción ganadera (IICA, 2016), que contribuyen en la regeneración de los suelos porque permiten una estrecha relación entre microorganismos vivos en el suelo, excretas, agua, aire, pasto, animales y plantas superiores (Ibrahim, Mora, & Rosales, 2006).

Actualmente la sierra ecuatoriana presenta un alto grado de deforestación debido al avance de la frontera agrícola la cual está causando una fuerte presión hacia los pocos remanentes de bosque y páramo, ubicados principalmente en las partes altas de las microcuencas, provocando un deterioro y pérdida de los componentes agua, suelo, vegetación, flora, fauna (Winters, Espinosa, & Crissman, 1998). En este aspecto los agricultores y ganaderos muestran interés en cambiar la metodología de producción, incluyendo árboles y arbustos forrajeros en las áreas que anteriormente fueron deforestadas, obteniendo grandes beneficios ambientales, alimenticios, económicos y conservacionistas (Ibrahim, Mora, & Rosales, 2006).

Siendo estos grandes beneficios que aportan al buen desarrollo de la producción y conservación del medio ambiente se establece un sistema silvopastoril con acacia, donde se evaluará su crecimiento, cumpliendo así con los objetivos planteados en esta investigación.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El inapropiado manejo de los recursos forestales, la degradación de los bosques y la utilización intensiva de la tierra dedicada a actividades agrícolas y ganaderas, han ocasionado que en América Latina se presente una alta pérdida de cobertura vegetal y degradación de los suelos (Villacorta, 2011). Ante la alta tasa de destrucción de los bosques a edades cortas hay reducción de la productividad y los impactos negativos asociados están ligados al grado de degradación del suelo y a la selección de las especies plantadas que pueden facilitar e inhibir el desarrollo de otras plantas (Quiceno D. , 2017).

La deforestación en la Región Andina del Ecuador trae consigo la pérdida de la cobertura vegetal, el 48% de los suelos sufre un acelerado desgaste, donde se pierde alrededor de 10, 50 y hasta 143 t/ha/año, en promedio se deforestan 70.000 ha/año; un alto porcentaje de éstas para uso en actividades agropecuarias (MAE, 2015). Los árboles de acacias o espino en el callejón interandino también son talados para obtener carbón orgánico es decir un promedio de 50 kilómetros cuadrados de bosque seco se pierden al año para convertirlos en pastos y cultivos (Latam, 2018).

En la parroquia El Carmelo provincia del Carchi se denotan zonas de topografía irregular, donde las actividades agropecuarias se practican constantemente lo que contribuye a la pérdida y deterioro de los suelos, asimismo el extremo uso de fertilizantes y pesticidas para la producción, ocasiona una potente contaminación de suelo, agua, aire y alimentos (Cuásquer, 2016). En áreas con pendientes altas, la pérdida de cobertura vegetal es consecuencia del sobrepastoreo originando alto grado de erosión del suelo, pérdida de la fertilidad y reducción de la capacidad de retención de agua, ente otros efectos (Zuluaga & Rivera, 2013).

Existen muchas limitantes para la aplicación de nuevas tecnologías de producción como el establecimiento de sistemas silvopastoriles con especies leguminosas como acacia, algarrobo, leucaena y otros, la escasa información, la tradición y creencia de los productores de que el pasto

escasea bajo los árboles, la falta de extensión y financiamiento para las inversiones, sumando que no se dispone de semillas de alta calidad y mano de obra calificada (Clavero & Suárez, 2006).

La población mundial crece constantemente y la obligación de los productores es ampliar sus conocimientos para implementar sistemas arbóreos y arbustivos asociados a pasturas o cultivos y animales que fomenten una agricultura y ganadería sustentable que permitirán cubrir las necesidades (Muñoz, Navia, & Moreno, 2014), las investigaciones desarrolladas en torno a los componentes arbóreos y arbustivos en el ámbito ganadero son muy escasos debido al poco interés que prestan las instituciones, investigadores y productores (Arboleda, Tombe, Morales, & Vivas, 2011), y al no adoptar nuevas tecnologías y conocimientos, no habrá sostenibilidad en la producción agrícola y pecuaria (González & Guanipa, 2005).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La escasa implementación de sistemas silvopastoriles se debe a que existe poca información sobre el desarrollo de las especies utilizadas para su establecimiento y los beneficios que estos generan a los sistemas de producción pecuaria.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas silvopastoriles (SSP) se convierten en una alternativa de mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de los suelos (Tombe, Morales, Vivas, & Arboleda, 2013), actúan como capa protectora generando sombra, evitando la evapotranspiración, en épocas de altas precipitaciones disminuyen la escorrentía, evitan la erosión potencial e incrementan la biodiversidad edáfica (Milera, 2013).

La implementación de sistemas silvopastoriles con árboles y arbustos forrajeros como acacia, aliso, leucaena, matarratón, revierten el deterioro de los suelos, es decir se vuelven una alternativa de mejoramiento continuo en la producción (Ospina, 2006), son considerados como una modalidad agroforestal ganadera, estos crean un microclima apropiado para el bienestar animal, brindándoles protección en épocas de calor o frío; protegen los pastos que proveen los nutrientes necesarios para la alimentación ganadera aumentando la producción y reproducción

de los bovinos, de igual manera generan ingresos económicos (Villagaray & Inga, 2011), generan un aumento potencial de la población edáfica, debido a que hay mayor cobertura del suelo.

El componente fisiológico más significativo de la acacia es la raíz debido a que pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo, incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces (Barrera & Rodríguez, 2007)

La ganadería bajo sistemas silvopastoriles con la suplementación de pastos de corte y leguminosas, complementados con el manejo de bosques, son una de las mejores opciones para aumentar el rendimiento de las producciones ya sea de carne o leche en una explotación ganadera (Escobar, Mora, & Romero, 2011).

Para poder recuperar la productividad y disminuir el impacto ambiental que el sector ganadero genera se emplea sistemas integrados como agroforestería y sistemas silvopastoriles con especies leguminosas del género acacia basados en prácticas de manejo y mantenimiento de praderas, aprovechando de forma eficiente la tierra, pastos y bosques, aumentando la capacidad de carga por potrero disminuyendo las talas, quemas y emanaciones de metano que no favorecen al ambiente y productividad (Faría, 2006).

Las superficies con pendientes pronunciadas se deterioran con mayor facilidad, si no se implementan las tecnologías de producción adecuadas, la capa superficial del suelo se degenerará porque perderá todos los macro y micronutrientes del suelo que la mantienen (L., Martínez-Hernández, Pimentel-Bribiesca, & Rodríguez-Trejo, 2009).

La asociación de arbustos y árboles forrajeros con pasturas ha recibido considerable atención, por las ventajas que generan en la producción pecuaria como proporcionar dietas variables, influencia laxativa en el tracto digestivo, reducción de costos de alimentación y ser fuente de nitrógeno, energía, minerales y vitaminas (González-Stagnaro & Soto-Belloso, 2005).

Ruiz y GZ-Janica (2012) proponen diseñar modelos productivos que cumplan con los requerimientos de productividad y sostenibilidad ambiental logrando que los niveles de producción no superen la capacidad de los ecosistemas donde se establezcan. Para Mahecha (2002) el establecimiento de sistemas silvopastoriles cumplirá con los requerimientos de productividad y sostenibilidad ambiental siendo rentable económicamente porque se utiliza combinaciones distintas entre árboles y pasturas manteniendo una ganadería rentable, sostenible ambientalmente, responsable socialmente y solidaria. En la actualidad los sistemas silvopastoriles ofrecen una variedad de oportunidades ya que impulsan el desarrollo de la economía, generando ingresos y reduciendo costos de producción. (Izaguirre & Martínez, 2007).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el crecimiento inicial de árboles de acacia (*Acacia melanoxylon*; R.Br.) en un sistema silvopastoril ubicado en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Medir el crecimiento de altura, diámetro basal del tallo y volumen total de los árboles acacia durante el primer año de establecimiento del sistema silvopastoril.
- Determinar los incrementos medio anual de altura, diámetro basal del tallo y volumen total del árbol.
- Determinar si existe una relación entre las variables altura, diámetro basal del tallo y volumen del árbol durante el periodo de evaluación.
- Determinar si la topografía del terreno, temperatura y precipitación influyen en el crecimiento de los árboles de acacia.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- Como se determinará las variables de altura, diámetro basal del tallo y volumen del árbol
- Cuando se determinará la medición de los árboles de acacia
- Cómo influye la topografía del terreno en el crecimiento de acacia

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Cerón (2010) evaluó el crecimiento inicial de tres procedencias de acacia en asociación con arveja, fréjol y cebolla en el cantón Bolívar, provincia del Carchi, con seis tratamientos, mediante un análisis de los valores promedio con la prueba de Duncan obtuvo los siguientes resultados: valores promedio acumulados en altura el mejor tratamiento fue el T4ACsafc con un incremento de 1,47 cm y el T2AIafc con un incremento de 1,43 cm; el menor incremento presentó T6APsafc con 0,92 cm. Referente al diámetro basal del tallo los mejores valores promedios acumulados fueron: el T4ACsafc y T2AIafc con 0,99 cm 0,98 cm de crecimiento respectivamente, y el valor promedio más bajo con 0,66 cm el T6APsafc.

Cuásquer (2017) en la investigación Evaluación del crecimiento de Acacia melanoxylon en asocio con tres variedades de pastos, en la parroquia El Carmelo - Carchi, las variables dasométricas no presentan diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$); pero se evidenció, que el tratamiento acacia más raigrás obtuvo el mayor incremento respecto a las variables altura total y diámetro de copa, con 132 cm y 52,56 cm respectivamente. Respecto a la variable diámetro basal, el mayor incremento se registró en el tratamiento acacia más trébol blanco con 2,20 cm superior a los otros tratamientos estas variaciones se revelan al realizar un análisis matemático.

Santiago & Piedrahita (1994) evaluaron el crecimiento de la semilla de acacia haciendo referencia al peso de la misma a los seis meses de edad en tres condiciones de suelo diferentes, donde, S1 es un terreno plano con 1% de pendiente, inundable periódicamente y cubierto predominantemente por pastos y juncos de la familia Ciperaceae, S2 ligeramente inclinado con pendiente de 18%, cubierto con pastos (*Paspalum* sp.), S3: terreno inclinado con pendiente de 32%, muy severamente erosionado cobertura vegetal escasa donde sobresalen helechos y ericáceas, determinaron que la acacia es una especie leguminosa de excelente contenido forrajero, de fácil adaptabilidad y capacidad colonizadora, fuente de mejoramiento de los suelos mediante la fijación simbiótica de nitrógeno y el aporte de materia orgánica gracias a la presencia de nódulos que pueden formar con una amplia variedad de rizobios del suelo, datos que son corroborados por Quiceno y Medina, donde dicen el género Acacia incluye especies fijadoras de

nitrógeno, que generan asociaciones simbióticas con microorganismos del suelo de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* favoreciendo su adaptación y crecimiento en suelos degradados (Quiceno & Medina, 2006).

Giraldo (2003) realizó estudios preliminares sobre el establecimiento de sistemas silvopastoriles en clima frío de Colombia con *Acacia decurrens* obteniendo como resultado que el 97% de las plantas sobrevivieron después de cinco meses trasplante, es decir que esta especie es de alta adaptabilidad y pese a las condiciones climáticas presenta un acelerado crecimiento, además la biomasa que produce es de alta calidad.

Florez & Umaña (2006) en la implementación de un sistema silvopastoril de cerca viva con tres especies, Aliso, *Acacia decurrens* y *Acacia melanoxylon* determinaron que no se presentaron diferencias estadísticas en el crecimiento y diámetro basal del tallo a los tres meses después de la siembra en los diferentes arreglos de las especies arbóreas estudiadas; observaron que la *Acacia decurrens* y *Acacia melanoxylon* superan el crecimiento del Aliso en un 31.6%, el tratamiento que presentó mayores valores de diámetro del tallo fue el de *Acacia negra* y *Acacia melanoxylon* con 1.91 cm superando en un 2.61% al resto de tratamientos.

La *Acacia melanoxylon* es una especie ampliamente utilizada para el establecimiento de sistemas silvopastoriles ya que, al ser una leguminosa, tiene la capacidad de fijar nitrógeno y recuperar los suelos, además aportan madera y leña, los residuos de esta se emplea en la elaboración de abonos orgánicos y compostajes, es excelente forrajera ya que las plantas jóvenes aportan un 16% de proteína (Muñoz, Calvache, & Yela, 2013).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Definición de Sistema Silvopastoril

Para Montagnini (1992) los sistemas agroforestales son la combinación de especies forestales o frutales con animales, cuya economía se caracteriza por la obtención de ingresos, tanto a corto como a largo plazo, por medio de los productos animales y arbóreos.

Los árboles o arbustos forrajeros que interactúan con pasturas y animales, son una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de especies arbóreas, están bajo un sistema de manejo integral sin alterar las características propias del ecosistema (Botero, 2003).

Para Ibrahim & Pezo (1998) un sistema silvopastoril es una nueva opción de producción pecuaria bajo un sistema integral de interacción entre leñosas perennes y componentes tradicionales como pastos, cultivos y animales. Aplicar nuevas tecnologías donde se asocie leñosas perennes con pastizales y animales a futuro generarán diferentes beneficios ambientales, económicos y sociales (Young, 1987).

Los SSP son una práctica agroforestal que combina especies arbóreas o arbustivas con pastos y ganado, los árboles a la vez proveen de sombra y albergue al ganado brindando también protección a la pradera y generan también recursos maderables (Sotomayor & Barros, 2016). En el sistema silvopastoril interactúan cinco componentes: arbóreo, ganadero, forrajero, suelo y clima; siendo los más importante el arbóreo y forrajero (Luccerini, Subovsky, & Borodowsky, 2004).

2.2.1.1. Beneficios ambientales y productivos de los sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles contribuyen a incrementar la productividad del suelo, mejorar el bienestar de los animales, generar servicios ambientales como conservación de la biodiversidad siendo refugio de entomofauna benéfica y fauna silvestre, previenen derrumbes, erosión, compactación y formación de cárcavas, captura y almacenamiento de carbono, regulación hídrica y conservación de fuentes de agua (Libreros, 2015).

2.2.1.1.1. Conservación del recurso agua

Los árboles actúan como barreras vale decir que disminuyen la escorrentía; sirven como protección por que contribuyen a reducir el impacto de gota, son mejoradores del suelo porque incrementa la retención de agua y evita la transpiración (Young, 1990).

Los índices de evapotranspiración en pastizales son bajos debido a la sombra que generan las copas de los árboles, logrando que el suelo mantenga la humedad necesaria (Rhoades, Eckert, & Coleman, 1998).

2.2.1.1.2. Conservación del recurso suelo

Los pastizales degradados pueden mejorarse si se siembra árboles debido al alto potencial de restauración que presentan (Velasco, Ibrahim, Kass, Jimenez, & Rivas, 1998), además en zonas con pendientes pronunciadas el sembrar árboles en hileras proporcionarían múltiples beneficios no solo sobre el suelo sino también internamente haciendo que los nutrientes se acumulen y no se pierdan (Russo, 1990).

En las pendientes donde se ha perdido el revestimiento del suelo por factores climáticos o antropológicos sembrar barreras de árboles en línea o alrededor de estas áreas reducen significativamente la erosión, atenúan el impacto de las gotas de lluvia reduciendo la pérdida de partículas de suelo y su posterior deterioro (Nair, Kang, & Kass, 1995).

2.2.1.1.3. Conservación de la vegetación

En los sistemas silvopastoriles la producción de pasturas es usualmente mayor, si se siguen parámetros acordes a la explotación que se realiza, seleccionar apropiadamente las especies, reducir el crecimiento de malezas agresivas que compiten por nutrientes para su desarrollo, el control de la sombra a través de la poda y un manejo de la carga animal acorde con la disponibilidad del sistema. Si la cobertura con las pasturas es excelente las tasas de evapotranspiración son más bajas y favorecen al crecimiento de las mismas (Solórzano, 2004).

2.2.1.1.4. Conservación de biodiversidad

Los árboles cumplen con el papel importante papel de preservar la biodiversidad, luego de un determinado tiempo los sistemas silvopastoriles que fueron implementados por el hombre serán modificados por la naturaleza permitiendo que los animales se puedan movilizar por estos lugares garantizando la supervivencia de macro y microfauna (Harvey, 2000).

2.2.1.2. Especies arbóreas utilizadas en el establecimiento de los sistemas silvopastoriles

Son varias las especies de árboles y arbustos cuyos follajes son utilizados para la alimentación animal aportando altos contenidos de proteína en su dieta, sea por recolección directa o indirecta (Murgueitio & Calle, 1998). Ciertas especies arbóreas entre ellas las leguminosas sostienen una biota variada que promueven el uso eficaz de los nutrientes del suelo al ser sembradas en hileras entre cultivos tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico ayudan en la conservación del

agua y suelo, las especies leguminosas que mayor uso tienen dentro de los sistemas agroforestales son: acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*), acacia (*Acacia holosericea*), algarrobo (*Prosopis Juliflora*), samán (*Samanea samán*), chiminango (*Pithecellobium dulce*), matarratón (*Gliricidia sepium*), cámbulo (*Erythrina poeppigiana*), chachafruto (*Erythrina edulis*), nacedero (*Trichantera gigantea*) (Murgueitio & Preston, 1993).

2.2.1.3. Tipos de sistemas silvopastoriles

Hay muchas posibles combinaciones entre leñosas, pasturas y animales, lo que da lugar a la formación de diferentes tipos de sistemas silvopastoriles como, cercas vivas, bancos forrajeros, árboles dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones, pasturas en callejones al tiempo que mejoran la calidad nutricional de la dieta animal, también ayudan a rescatar áreas degradadas y lograr que se regeneren naturalmente, y posterior a esto convertirse en un área donde diversos organismos puedan establecerse y continuar con su normal ciclo de vida (Mohan & Ramachandran, 2011).

2.2.1.3.1 Cerca Viva

Consiste en sembrar a distancias cortas árboles y/o arbustos en forma lineal, en las cuales se fija el alambrado eléctrico, de púa o lisos para dividir potreros, linderos o cultivos entre propiedades, son de uso múltiple porque proveen forraje, frutas, sombra, madera, entre otros (Sánchez, 2014). Facilitan la conectividad de los bosques en el paisaje rural y contribuyen al control de la erosión. Pueden ser de una sola o de varias especies, nativas o introducidas (CIPAV, 2009).

Las cercas vivas pueden ser simples si se maneja una sola especie con alturas similares, y multiestratos que se forman con dos especies de diferente altura (Villanueva, Ibrahim, & Casasola, 2008). Son muchos beneficios que generan las cercas vivas los cuales se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Beneficios de las cercas vivas

Beneficios para la finca	Beneficios ambientales
- Mayor vida útil	- Protección ante desastres naturales
- División de potreros	- Reducen presión sobre los bosques
- Marcación de linderos	- Preservación de suelos
- Generadores de sombra	- Fijan carbono
- Producción de madera	- Conservan la biodiversidad
- Fuente de alimento	- Facilitar el movimiento de la fauna silvestre
- Fuente de ingresos económicos	- Mejoran la belleza escénica del paisaje

Fuente: (Villanueva, Ibrahim, & Casasola, 2008).

2.2.1.3.2. Bancos Forrajeros

Son áreas en las cuales las leñosas perennes o forrajeras herbáceas se cultivan en alta densidad y bloque compacto, con miras a maximizar la producción de fitomasa de buena calidad nutritiva para suplementación animal, se prefieren especies capaces de persistir bajo un régimen de podas o defoliaciones frecuentes e intensas que muestren una alta tasa de rebrote, buena proporción de hojas (Pezo & Ibrahim, 1999). Para establecer este sistema los árboles deberán sembrarse en surcos separados a un metro de distancia y desde 25 a 100 cm entre árboles, la altura máxima del árbol deberá ser de dos metros para que facilite la alimentación del ganado (Jimenez, 2012).

2.2.1.3.3. Árboles dispersos en potreros

Son sitios donde los pastos están asociados con árboles, adquieren mayor importancia en la época seca, periodo en el cual son un complemento nutricional de mayor calidad para el ganado. La mayoría de árboles que crecen en este sistema provienen de regeneración natural de especies e individuos seleccionados y otros sembrados por el productor. Bajo este sistema silvopastoril, los árboles están distribuidos al azar dentro de las áreas de pastoreo (Toruño, Mena, & Guharay, 2015).

2.2.1.3.4. Pastoreo en plantaciones

Es la siembra de pastos en áreas donde están sembrados árboles con fines de producción comercial, el objetivo final de este sistema, que combina árboles maderables, pastos y ganado, es la producción de madera de alta calidad, y a la vez obtener ingresos por la producción ganadera, los árboles son sembrados a menor distancia entre surcos y plantas que la utilizada en el sistema de pasturas con árboles dispersos (Toruño, Mena, & Guharay, 2015).

2.2.1.3.5. Pasturas en callejones

Muestra determinado patrón de siembra generando una combinación entre arbustos forrajeros en alta densidad, para ramoneo directo por el ganado, asociado con pastos mejorados en un mismo sitio o potrero. Los arbustos forrajeros se siembran en surcos o hileras, mientras que los pastos se siembran en las franjas que quedan entre las hileras o surcos de arbustos. De esta forma, el ganado, además de comer pasto, puede consumir hojas y ramas tiernas de los arbustos. También a este sistema se puede agregar o asociar el cultivo de árboles para producir frutos, madera, leña o sombra (Jimenez, 2012).

2.2.2. Acacia (*Acacia melanoxylon*; R.Br.)

Clasificación taxonómica:

CONABIO (2017) clasifica a esta especie de la siguiente manera:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae o Leguminosae
- Nombre científico: *Acacia melanoxylon* R. BR.
- Nombre común: acacia negra, acacia japonesa, acacia australiana, aromo, aromo australiano.

2.2.2.1. Generalidades de la especie

Se origina en los bosques húmedos del sur de Australia y Tasmania, comúnmente utilizada como especie de carácter ornamental para parques y jardines, se la conoce como acacia australiana, acacia aramo, aramo negro o aramo australiano. Su nombre botánico deriva de los términos griegos “melas” y “xylon”, que se traducen como madera negra (Pinilla, Molina, Briones, & Hernández, 2006).

Las acacias están presentes en todas las regiones del mundo, menos Europa y Antártica. Existen alrededor de 1.000 especies de acacia conocidas, de las cuales aproximadamente el 60% proviene de Australia (Kannegiesser, 1989). El promedio de altura total de la especie es de 20 a 30 m y diámetros promedio de 60 a 70 cm como máximo. Presenta una corteza rica en taninos que le sirven como protección ante las condiciones adversas que se presenten en el medio, es altamente competitiva y de acelerado crecimiento, se desarrolla tanto a la luz como en sombra (Siebert & Bauerle, 1995).

2.2.2.2. Requerimientos edafoclimáticos

Se desarrolla principalmente en zonas templadas húmedas, con veranos templados a cálidos, tolera una amplia variedad de suelos incluyendo áreas bajas pantanosas, y zonas altas expuestas. Soporta precipitaciones medias de 750 a 1500 mm anuales (Barros, 2007) pero sufre perjuicios cuando los fríos son intensos (Sanz, 2017). Bajo condiciones ambientales favorables esta especie suele tornarse invasora (WorldWideWattle, 2011).

2.2.2.3. Características botánicas

Es un árbol siempre verde de 8 a 35 m de altura y 80 a 150 cm de diámetro a la altura del pecho, fuste recto, sin espinas, de corteza agrietada y de color bastante oscuro, copa densa y piramidal a cilíndrica. Las ramas son angulosas y pubescentes (Ribaski & Montoya, 2000).

2.2.2.3.1. Hojas

En las plantas jóvenes las hojas son bipinnadas es decir presentan folíolos más o menos numerosos, en su etapa adulta estos se reducen perdiendo plenamente el limbo y ensanchándose el peciolo, formando la estructura final denominada filodio de 7 a 10 cm de largo de color

grisáceos a verde oscuro, recto y suavemente curvo, con 3 a 7 vainas prominentes y longitudinales.

2.2.2.3.2. Flores

Las flores son amarillas pálidas, inflorescencia globular, de 10 a 12 mm de diámetro y portando cada una entre 30 y 50 flores. Los estambres son numerosos, libres, miden hasta 4mm y sobrepasan bastante la corola. Florece en marzo a junio.

2.2.2.3.3. Frutos

Es una legumbre elipsoidal de entre 4 a 12 cm, en forma de vaina parda rojizas, más angostas que los folíolos, retorcidas. Las semillas son chatas redondeadas negras de 2 a 3 mm de longitud, con un órgano filiforme que une el óvulo de una planta a la placenta del ovario denominado funículo que recubre a la semilla.

2.2.2.4. Usos de la Acacia Negra

Esta especie está ampliamente distribuida por el mundo, debido a su alto grado de adaptabilidad, es muy preciada debido a los beneficios ambientales y económico que presenta, en muchas zonas se la introducido para obtener tales beneficios (Barros, 2007). Las acacias son plantadas en los linderos de terrenos, en el cual funcionan como cercas vivas (Avendaño & Acosta, 2000). Debido a que esta especie pertenece a la familia de las leguminosas, alberga bacterias fijadoras de nitrógeno en sus raíces que es usado para recuperar zonas altamente erosionadas (Calvo, 2004).

2.2.2.5. Aspectos de manejo

Se da muy bien en zonas con veranos calurosos y húmedos. No tolera bien las heladas, sobre todo en su etapa juvenil, en inviernos fríos pierde todas las hojas porque los tejidos son blandos, sus ramas, especialmente las más horizontales, pueden desengancharse durante los temporales, si el invierno ha sido suave, la abundancia de flores es excesiva (Barros, 2007).

En los ejemplares juveniles es preciso recortarles parte de los brotes, se debe dejar solamente los brotes más fuertes y mejor ubicados, es decir, con un ángulo de inserción de 45°, de modo que posteriormente presenten mayor resistencia (Russo, 1990).

2.2.2.6. Plagas y enfermedades

La especie acacia es afectada por algunas plagas y enfermedades, pero los problemas que usualmente causan no se consideran aún de importancia económica. Se reporta susceptible al ataque de varios insectos defoliadores, como los escarabajos y oruga defoliadora del género *Hypomeces squamosus* que atacan las plantas jóvenes, termitas subterráneas del género *Coptotermes*, que dejan galerías en el troco y disminuyen sustancialmente el valor de la madera, durante el primer año de establecimiento las plantas jóvenes son propensas al daño por ramoneo causado por el ganado. (Duke, 1983)

Las enfermedades que mayor daño producen a las plantaciones de acacia son las ocasionados por hongos de los géneros *Corticium salmonicolor*, *Cylindrocladium*, *Fusarium*, *Oidium*, *Phyllosticta*, y *Pestalotia* generando pudrición en el tronco y por consiguiente produce la muerte de las copas. Sin embargo, son pocos los árboles afectados por estos patógenos no son considerados de importancia económica ni biológica (Vozzo, 2004).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El presente estudio es de género cuantitativo; se inicia la evaluación cuando los árboles tenían cinco meses de plantados, desde el mes de junio de 2016 a mayo de 2017, durante el año de evaluación se midió en cada árbol altura, diámetro basal del tallo, volumen total del árbol, incremento medio anual de altura, diámetro basal del tallo y volumen total del árbol en tres relieves diferentes: relieve bajo 2937 hasta 2949 msnm, relieve medio 2950 hasta 2965 msnm y relieve alto a 2966 hasta 2987 msnm. Figura 1.



Figura 1: Sistema Silvopastoril con Acacia – Identificación de relieves.
(Google Earth, 2018)

El estudio se realizó en la provincia del Carchi, parroquia El Carmelo finca San Vicente ubicada a 2936 msnm, con suelo moderadamente ácido 5,54 de pH (INIAP, 2016), precipitación promedio de 1412,3 mm/año temperaturas promedio de 12,6 °C/año, alcanzando una temperatura máxima de 14,2 °C en el mes de mayo y un mínimo de 10,8 °C en los meses de julio y agosto (INAMHI, 2017). Como se muestra en la Figura 2.

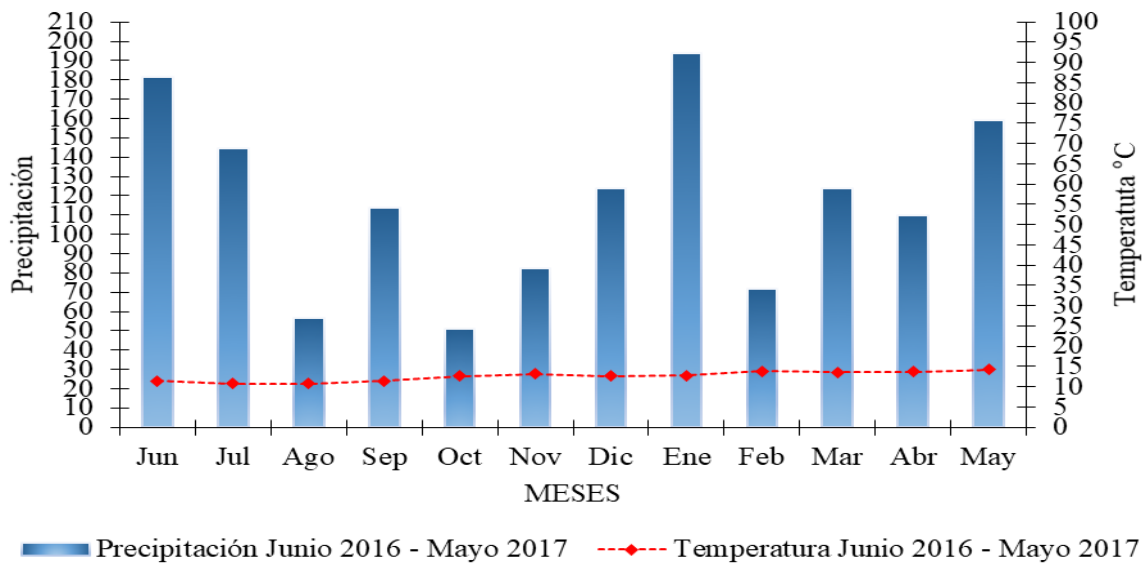


Figura 2: Diagrama Ombrotérmico Finca San Vicente (INAMHI, 2017).

El diagrama ombrotérmico de la Figura 2 permite precisar que no existió la presencia de meses ecológicamente secos, debido a la constante presencia de precipitaciones.

3.1.2. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo correlacional porque permite determinar el grado de relación y semejanza que pueda existir entre dos o más variables y explicativa porque permite encontrar la relación entre uno o más efectos (variables dependientes) y una o más causas (variables independientes) de manera confiable.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

3.2.1. Hipótesis Afirmativa

HA. El crecimiento inicial de árboles de acacia en el establecimiento de un sistema silvopastoril está influenciado por la topografía del terreno, la temperatura y la precipitación.

3.2.2. Hipótesis Nula

HN. El crecimiento inicial de árboles de acacia en el establecimiento de un sistema silvopastoril no está influenciado por la topografía del terreno, la temperatura y la precipitación.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Hipótesis	Variable	Definición conceptual de la variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
El crecimiento inicial de árboles de acacia en el establecimiento de un sistema silvopastoril está influenciado por la topografía del terreno, la temperatura y la precipitación.	Independiente Sistema silvopastoril con acacia.	Los SSP son agroecosistemas en los que se asocia libremente especies arbóreas con pasturas y ganado en un mismo sitio, de manera que exista una correlación biológica entre ellos con el objetivo de maximizar el uso de la tierra (Russo, 2015).	Elementos del clima	Temperatura (°C). Precipitación (mm)	Observación	Cartillas meteorológicas
			Relieve	Metros Sobre Nivel del Mar (msnm) Alto 2966 - 2987 msnm Medio 2950 - 2965 msnm Bajo 2937 - 2949 msnm	Observación	GPS
	Dependiente Evaluación del crecimiento inicial de árboles de Acacia (<i>Acacia melanoxylon</i> ; R.Br.).	Mahecha (2004). Citado por Muñoz, Calvache, & Yela (2013). Señalan que la acacia al ser una leguminosa tiene la facultad de fijar nitrógeno y recuperar suelos altamente degradados, debido a su alta adaptabilidad puede fácilmente desarrollarse en zonas de clima frío (Pineda, 2017).	Crecimiento	Altura (cm)	Observación	Ficha técnica
				Volumen (cm ³)	Observación	Ficha técnica
				Diámetro basal (cm)	Observación	Ficha técnica

Elaborado por: Autora

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Determinación de la muestra

Bonilla (1971) manifiesta que los modelos a utilizar para la selección de árboles de estudio pueden ser diversos, pero los que mejores resultados generan son: seleccionar por cada 800 m² - 2,2 árboles, por cada 10000 m² - 100 árboles gruesos, por cada 1000 m² - 5 a 7 árboles, por cada 800 m² - 1 a 5 árboles, por parcelas de entre 400 m² y 800 m² - 3 a 5 árboles, por cada 10000 m² - 50 árboles

Para la correcta selección de individuos, se toma en cuenta el modelo de 1 a 5 árboles por 800 m² para que en la presente investigación haya un total de 71 árboles ya que se trabajó en 4 hectáreas.

3.4.2. Selección y limpieza

La muestra a evaluar consta de 71 individuos, seleccionados aleatoriamente, para su fácil identificación se hizo una señalética con estacas de color rojo de 40 cm de largo, mismas que se colocan a una distancia de 20 cm del tallo, se hace una limpieza quitando la maleza para que los individuos no tengan competencia por luz y nutrientes.

3.4.3. Medición de altura, diámetro basal del tallo y volumen total del árbol

3.4.3.1. Medición de altura

La altura es el trayecto que puede recorrerse verticalmente entre un objeto y el suelo u otra superficie que se tome como referencia. Para la presente investigación se toma como referencia la base del tallo y la yema terminal del árbol, debido a que los árboles a evaluar presentan una altura inferior a los 15 m se la pudo realizar directamente usando cintas métricas (Cancino, 2012).

3.4.3.2. Medición del diámetro basal del tallo

El diámetro basal del tallo es la variable que habitualmente miden los forestales, en árboles en pie la altura natural del diámetro representativo es de 1,30 m desde el nivel del suelo (Andrade, 2011), estas medidas pueden ser tomadas por diferentes instrumentos tales como dendrómetros,

cintas diamétricas y calibrador o pie de rey (Cancino, 2012). Tomando como referencia está técnica la medición del diámetro basal del tallo se lo hizo con pie de rey a 20 cm del nivel del suelo debido a que esta altura el tallo es recto y no presenta ninguna curvatura.

3.4.3.3. Medición del volumen total del árbol

Ospina, *et al* (2005) proponen utilizar la fórmula para determinar el volumen de un cilindro; $V_{cilindro} = \pi/4 \times (d^2 \times h)$ para la obtención del volumen por árbol, para una mayor precisión en el valor calculado, éste debe ser afectado por un factor de corrección llamado factor de forma o coeficiente mórfico, que para el caso del aliso es de 0,546. Así, el volumen puede calcularse a través del modelo:

$$V = (\pi/4) * ((d^2 * h) * 0,546)$$

V= volumen

d= diámetro basal

h= altura

En la presente investigación se aplica este modelo debido a que la forma del árbol se asemeja a un cono, además el factor de corrección si es aceptable para determinar el volumen en la acacia.

3.4.4. Cálculo de los Incrementos medio anual (IMA)

Expresa la media del crecimiento total a cierta edad del árbol. Se obtiene dividiendo el valor actual de la variable considerada, para la edad a partir del tiempo cero.

$$IMA = D_{var} / t_{cero}$$

Donde:

IMA = incremento medio anual

t_{cero} = edad a partir del tiempo cero

D_{var} = dimensión de la variable considerada (Imaña & Encinas, 2008)

Debido a que las evaluaciones en el sistema silvopastoril con acacia se hicieron cuando los árboles ya estaban plantados 5 meses antes se utilizó el modelo:

$$\text{IMA} = \text{Alt} / (5 + \text{periodo del año}).$$

3.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó un ANOVA para evaluar las muestras independientes tomadas en el área de estudio y la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5 % para comparar los promedios y determinar si se acepta o rechaza la hipótesis planteada. Se realizaron gráficos que describen el comportamiento de las variables como altura, diámetro basal del tallo y volumen total del árbol en los meses evaluados, además se fijaron ecuaciones usando el análisis de regresión lineal para predecir dichas variables dentro del rango de valor de los datos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Se evaluó el crecimiento de acacia en el establecimiento del sistema silvopastoril desde junio de 2016 cinco meses después de la siembra hasta los 17 meses (mayo 2017) obteniendo resultados promedios de crecimiento e incremento medio anual en altura, diámetro basal del tallo, volumen total del árbol por periodo del año (mes a mes) y por relieves alto, medio y bajo. Durante la evaluación existieron diferentes factores que afectaron el normal crecimiento de la población tales como, condiciones climáticas, topografía y herbivoría. Los datos que se obtuvieron fueron analizados e interpretados de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.

4.1.1. Evaluación del crecimiento de acacia por periodo del año (mes por mes)

4.1.1.1. Crecimiento total promedio de altura por periodo del año.

La variable durante el periodo de evaluación presentó diferencias estadísticas significativas mensuales debido al normal crecimiento de los árboles, la primera evaluación se realizó en el mes de junio y se obtuvo un promedio total de altura de 116,76 cm; debido a que las condiciones del área de estudio son poco favorables afectan el normal desarrollo de los árboles, obteniéndose datos que reflejan el aumento del porcentaje del coeficiente de variación (Tabla 2), para el mes de mayo se obtuvo una altura final promedio de 206,09 cm es decir que durante todo el periodo de evaluación esta variable tuvo un aumento promedio de 89,33 cm.

Tabla 2: Incremento mensual de altura en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds)

P.A.	Media (cm)	Error estándar	C. V. %	Rango (cm)		Incremento mensual (cm)	Prueba de Tukey
				Mínimo	Máximo		
Junio	116,76	4,20	30,28	54	206	---	A
Julio	123,82	4,64	31,61	54	229	7,06	AB
Agosto	129,77	5,06	32,83	54	243	5,95	AB
Septiembre	134,54	5,48	34,30	54	257	4,76	AB
Octubre	141,65	6,00	35,71	54	278	7,12	ABC
Noviembre	154,79	7,11	38,73	54	290	13,13	BCD
Diciembre	157,92	7,31	39,03	54	296	3,13	BCD
Enero	170,08	8,48	42,02	54	327	12,16	CDE
Febrero	179,86	9,19	43,07	54	339	9,78	DEF
Marzo	186,35	9,78	44,21	54	345	6,49	DEF
Abril	193,31	10,26	44,71	54	368	6,96	EF
Mayo	206,09	11,33	46,34	54	411	12,78	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.1.1.1. Diagrama ombrotérmico en función al incremento mensual de altura

Se elaboró un diagrama ombrotérmico en función del incremento medio mensual de la altura (Tabla 2) que muestra las variaciones mensuales de temperatura y precipitación a lo largo del periodo de evaluación (Figura 3). Para los meses de noviembre, enero y mayo se registró una temperatura de 13,4 °C la más alta en todo el periodo evaluativo, en cuanto a las precipitaciones el pico más alto se presentó en el mes de enero con 194 mm, estas condiciones son consideradas favorables para el desarrollo de los árboles por esta razón en los meses antes mencionados la variable en estudio presentó un crecimiento promedio mayor en altura, para noviembre 13,13 cm, enero 12,16 cm y mayo 12,78 cm, en el caso de los meses de septiembre y diciembre la variable no presenta un crecimiento favorable debido a que la temperatura promedio fue de 12 °C y las precipitaciones bajaron a 118 mm, es decir que el crecimiento en altura de acacia es directamente proporcional al aumento de temperatura y precipitación.

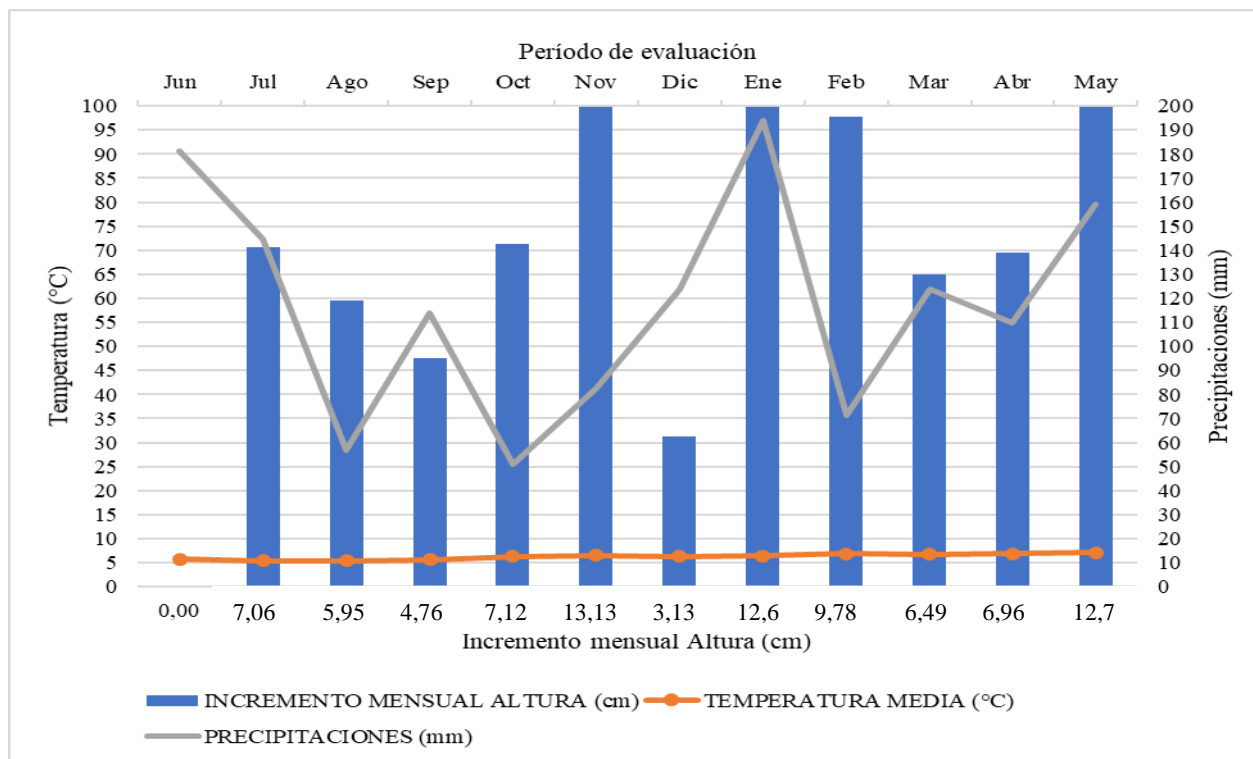


Figura 3: Diagrama Ombrotérmico: Influencia de temperatura y precipitación en el incremento medio mensual de altura.

Elaborado por: Autora

4.1.1.2. Crecimiento total promedio del diámetro basal del tallo por periodo del año.

En la Tabla 3 se muestra los valores de crecimiento promedio de diámetro basal del tallo obtenidos durante el periodo de evaluación, la dinámica de crecimiento es normal debido a esto existen diferencias estadísticas significativas mensuales, en el primer mes de evaluación se obtuvo un promedio de crecimiento de diámetro basal del tallo de 0,83 cm, durante la fase evaluativa el área de estudio estuvo influenciada por condiciones ambientales adversas en consecuencia el porcentaje del coeficiente de variación aumenta, en el último mes de evaluación se obtuvo un valor promedio de crecimiento total de la variable de 2,47 cm.

Tabla 3: Incremento mensual del diámetro basal del tallo en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds)

P. A.	Media (cm)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm)		Incremento mensual (cm)	Prueba de Tukey
				Mínimo	Máximo		
Junio	0,83	36,56	0,036	0,40	1,50	----	A
Julio	0,95	38,56	0,043	0,40	2,00	0,12	A
Agosto	1,10	40,95	0,054	0,40	2,50	0,15	AB
Septiembre	1,16	42,87	0,059	0,40	2,60	0,06	AB
Octubre	1,25	44,83	0,066	0,40	2,70	0,09	AB
Noviembre	1,42	46,97	0,079	0,40	3,10	0,17	BC
Diciembre	1,50	47,73	0,085	0,40	3,30	0,08	BCD
Enero	1,72	50,95	0,104	0,50	4,05	0,22	CDE
Febrero	1,87	51,07	0,113	0,50	4,00	0,15	DE
Marzo	2,00	50,70	0,120	0,50	4,20	0,14	E
Abril	2,14	50,67	0,128	0,50	4,50	0,13	EF
Mayo	2,47	51,86	0,152	0,60	5,20	0,33	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.1.2.1. Diagrama ombrotérmico en función al incremento mensual del diámetro basal del tallo.

Se elaboró un diagrama ombrotérmico en función del incremento mensual del diámetro basal del tallo (Tabla 3), donde identificamos que las condiciones climatológicas favorecieron el desarrollo de la variable aumentando su crecimiento en 0,17 cm en noviembre, 0,22 cm en enero y 0,33 cm en mayo es decir que el crecimiento de la variable coexiste en total armonía con el aumento de temperatura y precipitación. Figura 4.

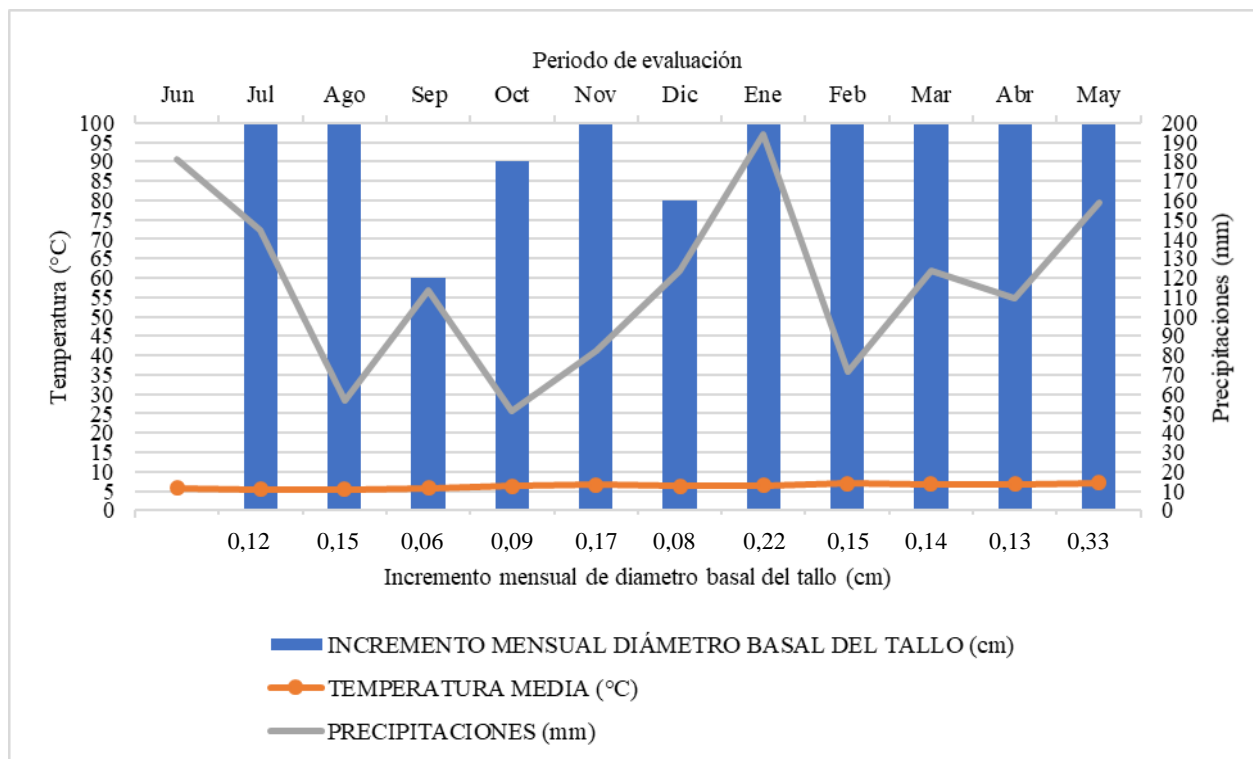


Figura 4: Diagrama Ombrotérmico: Influencia de temperatura y precipitación en el incremento medio mensual del diámetro basal del tallo.

Elaborado por: Autora

4.1.1.3. Crecimiento total promedio de volumen total del árbol por periodo del año.

Durante el periodo de evaluación los valores promedio obtenidos en el incremento del volumen fueron $46,30 \text{ cm}^3$ al primer mes y $924,53 \text{ cm}^3$ en el último mes de evaluación, habiendo un incremento medio anual del volumen de $878,22 \text{ cm}^3$, pese a que las condiciones climatológicas del área de estudio son desfavorables, este crecimiento se considera normal por e so existen diferencias estadísticas significativas mensuales, pero el porcentaje del coeficiente de variación aumenta significativamente Tabla 4.

Tabla 4: Incremento mensual del volumen total del árbol en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).

P. A.	Media (cm ³)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm ³)		Incremento mensual (cm ³)	Prueba de Tukey
				Mínimo	Máximo		
Junio	46,30	98,03	5,39	4,19	198,76	---	A
Julio	65,98	108,02	8,46	4,19	392,81	19,68	A
Agosto	96,51	117,55	13,46	4,19	651,28	30,53	AB
Septiembre	114,48	120,38	16,36	4,19	745,01	17,97	AB
Octubre	143,36	122,22	20,79	4,19	869,07	28,87	AB
Noviembre	211,08	123,35	30,90	4,25	1195,10	67,73	ABC
Diciembre	242,31	123,34	35,47	4,46	1363,62	31,23	ABC
Enero	362,50	127,91	55,03	6,65	1786,60	120,19	BCD
Febrero	455,41	124,26	67,16	6,65	2188,74	92,90	CDE
Marzo	543,24	122,78	79,15	6,65	2466,03	87,84	DE
Abril	642,03	121,33	92,45	6,65	2909,06	98,78	E
Mayo	924,53	120,99	132,75	9,57	4046,83	282,50	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.1.3.1. Diagrama ombrotérmico en función al incremento mensual del volumen total del árbol.

En la Figura 5 se presenta un diagrama ombrotérmico en función al incremento mensual del volumen del árbol (Tabla 4) determinando que en los meses donde el grado de temperatura y precipitación fueron más altos, la variable alcanzó incrementos de volumen mayores noviembre 67,73 cm³, enero 120,19 cm³ y mayo 282,50 cm³. Es decir que el crecimiento del volumen está influenciado por el clima.

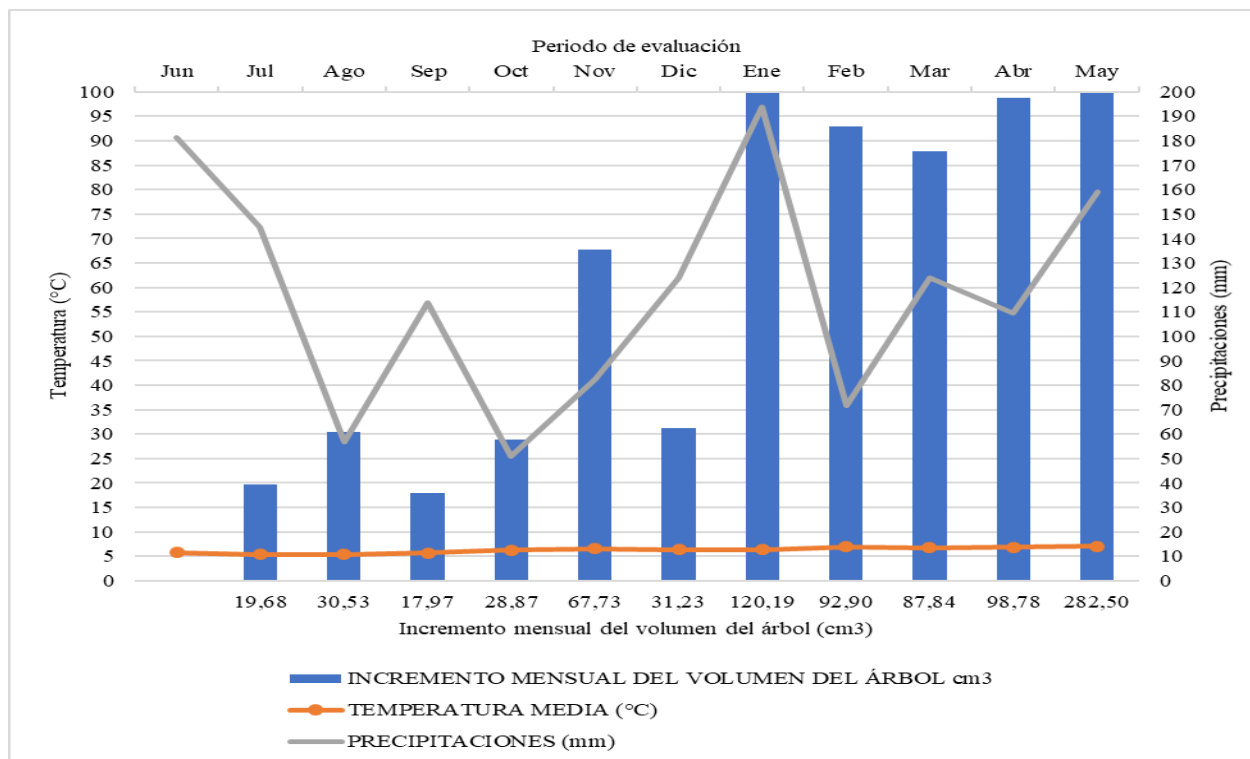


Figura 5: Diagrama Ombrotérmico: Influencia de temperatura y precipitación en el incremento medio mensual del volumen total del árbol.

Elaborado por: Autora

4.1.1.4. Promedio de Incremento medio anual de la altura por periodo del año.

El incremento medio anual es el promedio anual de crecimiento de una determinada variable, que se obtiene dividiendo las dimensiones en este caso altura entre la edad del individuo. Para la variable en estudio el incremento medio anual que se obtuvo al final del periodo de evaluación fue de 12,12 cm/mes (mayo 2017). El mayor incremento se presentó en el mes de agosto con 21,63 cm/mes cuando los árboles tenían ocho meses de edad como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Incremento medio anual de la altura en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).

P. A.	Media (cm)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm)		Prueba de Tukey
				Mínimo	Máximo	
Junio	19,46	30,28	0,70	9,00	34,33	A
Julio	20,64	31,61	0,77	9,00	38,17	A
Agosto	21,63	32,83	0,84	9,00	40,50	A
Septiembre	14,95	34,30	0,61	6,00	28,56	B
Octubre	14,17	35,71	0,60	5,40	27,80	B
Noviembre	14,07	38,73	0,65	4,91	26,36	B
Diciembre	13,16	39,03	0,61	4,50	24,67	B
Enero	13,08	42,02	0,65	4,15	25,15	B
Febrero	12,85	43,07	0,66	3,86	24,21	B
Marzo	12,42	44,21	0,65	3,60	23,00	B
Abril	12,08	44,71	0,64	3,38	23,00	B
Mayo	12,12	46,34	0,67	3,18	24,18	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.1.5. Promedio de Incremento medio anual del diámetro basal del tallo por periodo del año.

Referente al incremento medio anual del diámetro basal del tallo al final del periodo de evaluación se obtuvo un promedio de crecimiento de 0,15 cm/mes. Se obtuvo dos rangos diferentes de significancia, el mayor incremento se presentó en agosto con 0,18 cm/mes. Como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6: Incremento medio anual del diámetro basal del tallo en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).

P. A.	Media (cm)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm)		Prueba de Tukey
				Mínimo	Máximo	
Junio	0,14	0,37	0,01	0,07	0,25	A
Julio	0,16	0,39	0,01	0,07	0,33	AB
Agosto	0,18	0,41	0,01	0,07	0,42	B
Septiembre	0,13	0,43	0,01	0,04	0,29	A
Octubre	0,12	0,45	0,01	0,04	0,27	A
Noviembre	0,13	0,47	0,01	0,04	0,28	A
Diciembre	0,13	0,48	0,01	0,03	0,28	A
Enero	0,13	0,51	0,01	0,04	0,31	A
Febrero	0,13	0,51	0,01	0,04	0,29	A
Marzo	0,13	0,51	0,01	0,03	0,28	A
Abril	0,13	0,51	0,01	0,03	0,28	A
Mayo	0,15	0,52	0,01	0,04	0,31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.1.6. Promedio de Incremento medio anual del volumen total del árbol por periodo del año.

Con respecto al incremento medio anual final del volumen del árbol al final del periodo de evaluación se obtuvo un promedio de crecimiento de 54,38 cm³/mes. Se obtuvo dos rangos diferentes de significancia. Como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Incremento medio anual del volumen total del árbol en el periodo de evaluación desde los 6 hasta los 17 meses después de la siembra (mds).

P. A.	Media (cm ³)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm ³)		Prueba de Tukey
				Mínimo	Máximo	
Junio	7,72	98,03	0,90	0,70	33,13	A
Julio	9,43	108,02	1,21	0,60	56,12	AB
Agosto	12,06	117,55	1,68	0,52	81,41	AB
Septiembre	12,72	120,38	1,82	0,47	82,78	AB
Octubre	14,34	122,22	2,08	0,42	86,91	ABC
Noviembre	19,19	123,35	2,81	0,39	108,65	ABCD
Diciembre	20,19	123,34	2,96	0,37	113,63	ABCD
Enero	27,88	127,91	4,23	0,51	137,43	BCDE
Febrero	32,53	124,26	4,80	0,47	156,34	CDE
Marzo	36,22	122,78	5,28	0,44	164,40	DEF
Abril	40,13	121,33	5,78	0,42	181,82	EF
Mayo	54,38	120,99	7,81	0,56	238,05	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.2. Evaluación de crecimiento de acacia por relieves

El relieve es el segundo factor más importante para el desarrollo normal de la vegetación, es por esto que el sistema silvopastoril con acacia se dividió en tres diferentes relieves, alto (2950 hasta 2963 msnm), medio (2930 hasta 2949 msnm) y bajo (2915 hasta 2929 msnm) de acuerdo al área de estudio, al final del periodo de evaluación se determinó cual fue el relieve en el que los árboles tuvieron un mejor crecimiento.

4.1.2.1. Crecimiento total promedio de altura en los diferentes relieves.

Durante el periodo de investigación la variable presenta diferencias estadísticas significativas, los individuos presentaron un desarrollo favorable pese a las condiciones climatológicas poco favorables que se presenta en el área de estudio, de igual manera en los diferentes relieves se obtuvo variación en los promedios de crecimiento de altura siendo el relieve medio en el que mejor desarrollo presentan los árboles alcanzando una altura promedio de 175,40 cm, similares valores se obtuvieron en el relieve alto con 170,21 cm, en el relieve bajo los árboles no crecen favorablemente dado que en este sector se ubica una vertiente de agua que impide su normal crecimiento como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Comportamiento de la altura en los diferentes relieves

Relieve	msnm	Media (cm)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm)		Prueba de Tukey
					Mínimo	Máximo	
Alto	2966 - 2987	170,21	37,19	3,393159	65	411	A
Medio	2950 - 2965	175,40	44,05	4,5527662	63	368	A
Bajo	2937 - 2949	114,78	46,35	3,6197634	54	348	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.2.2. Crecimiento total promedio del diámetro basal del tallo en los diferentes relieves.

Durante el periodo de evaluación los individuos que se encuentran en el relieve alto y medio alcanzan valores promedios altos en el crecimiento de diámetro basal del tallo con relación al relieve bajo donde su crecimiento fue bajo, se evidencian diferencias estadísticas significativas, en el relieve medio el promedio de crecimiento de la variable es de 1,71 cm seguido del relieve alto con 1,62 cm y por último el relieve bajo con 1,16 cm de incremento. Tabla 9.

Tabla 9: Comportamiento del diámetro basal del tallo en los diferentes relieves

Relieve	msnm	Media (cm)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm)		Prueba De Tukey
					Mínimo	Máximo	
Alto	2966 - 2987	1,62	57,45	0,05	0,40	5,20	A
Medio	2950 - 2965	1,71	57,94	0,06	0,40	5,10	A
Bajo	2937 - 2949	1,16	58,81	0,05	0,40	4,40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.2.3. Crecimiento total promedio del volumen total del árbol en los diferentes relieves.

La variable presenta diferencias estadísticas significativas, el mejor desarrollo que presentó la variable fue en el relieve medio alcanzando un promedio de crecimiento de 428,31 cm³, seguido del relieve alto con 346,80 cm³ y finalmente el relieve bajo con un incremento mínimo de 134,96 cm³, Tabla 10.

Tabla 10: Comportamiento del volumen total del árbol en los diferentes relieves

Relieve	msnm	Media (cm ³)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm ³)		Prueba de Tukey
					Mínimo	Máximo	
Alto	2966 - 2987	346,80	163,08	30,32	4,46	4046,83	A
Medio	2950 - 2965	428,31	155,83	39,33	4,32	3825,75	A
Bajo	2937 - 2949	134,96	241,78	22,20	4,19	2889,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.2.4. Incremento medio anual de la altura en los diferentes relieves

El incremento medio anual de la altura presenta diferencias estadísticas significativas, en el relieve medio hubo un incremento favorable con 16,45 cm/año, seguido del relieve alto con 16,20 cm/año y por último el bajo con 11,33 cm/año, Tabla 11.

Tabla 11: Comportamiento del incremento medio anual de la altura en los diferentes relieves

Relieve	msnm	Media (cm)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm)		Prueba de Tukey
					Mínimo	Máximo	
Alto	2966 - 2987	16,20	37,70	0,33	4,59	37,67	A
Medio	2950 - 2965	16,45	39,50	0,38	4,71	40,50	A
Bajo	2937 - 2949	11,33	51,86	0,40	3,18	32,67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.2.5. Incremento medio anual del diámetro basal en los diferentes relieves

El incremento medio anual del diámetro basal presentó diferencias significativas, a diferencia de las otras variables presenta mejor desarrollo en la zona alta y media con 0,15 cm/año, y por último la zona baja con 0,11 cm/año, Tabla 12.

Tabla 12: Comportamiento del incremento medio anual del diámetro basal del tallo en los diferentes relieves.

Relieve	msnm	Media (cm)	C. V. %	Error estándar	Rango (cm)		Prueba de Tukey
					Mínimo	Máximo	
Alto	2966 - 2987	0,15	43,60	0,00	0,04	0,35	A
Medio	2950 - 2965	0,15	44,60	0,00	0,04	0,42	A
Bajo	2937 - 2949	0,11	51,07	0,00	0,03	0,28	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.2.6. Incremento medio anual del volumen total del árbol en los diferentes relieves

El incremento medio anual del volumen del árbol presentó diferencias significativas, a diferencia de las otras variables presenta mejor desarrollo en la zona media con 31,66 cm³, los árboles de la zona alta 25,83 cm³ y por último la zona baja con 10,43 cm³, Tabla 13.

Tabla 13: Comportamiento del incremento medio anual del volumen total del árbol en los diferentes relieves.

Relieve	msnm	Media (cm ³)	C. V. %	Error estándar	Rango		Prueba de Tukey
					Mínimo	Máximo	
Alto	2966 - 2987	25,83	138,2	1,91	0,71	238,05	A
Medio	2950 - 2965	31,66	135,2	2,52	0,53	225,04	A
Bajo	2937 - 2949	10,43	200,23	1,42	0,37	169,95	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes en la Prueba de Tukey.

Elaborado por: Autora

4.1.3. Comportamiento de las variables en los diferentes relieves durante el periodo de evaluación

El clima y relieve son dos factores fundamentales para que la vegetación de una zona específica se desarrolle apropiadamente, la zona donde se estableció el sistema silvopastoril con acacia presenta peculiaridades diversas como, constantes precipitaciones con los picos más altos en el mes de enero 194 mm y bajos en el mes de octubre 51,1 mm, bajas temperaturas 11,8 °C que se presentó en los meses de julio y agosto y áreas de terreno muy pronunciadas, siendo estos factores fundamentales dentro de la presente investigación se elaboró gráficas tomando en cuenta las variables en estudio altura, diámetro basal del tallo y volumen versus el periodo de evaluación

mensual que nos permitirán determinar cómo fue el comportamiento de cada variable durante todo el periodo de evaluación.

4.1.3.1. Crecimiento mensual de altura en los diferentes relieves

En la Figura 6 se establece la relación entre el promedio de crecimiento mensual de la altura en los diferentes relieves en función al periodo de evaluación, al inicio de la evaluación los árboles del relieve alto y medio presentan valores de crecimiento semejantes hasta el mes de octubre, pese a las condiciones adversas donde se establecieron, para el mes de Noviembre los árboles del relieve medio se desarrollaron considerablemente; debido que el relieve bajo esta rodeado de una vertiente los árboles no se desarrollan favorablemente, es decir su crecimiento es limitado.

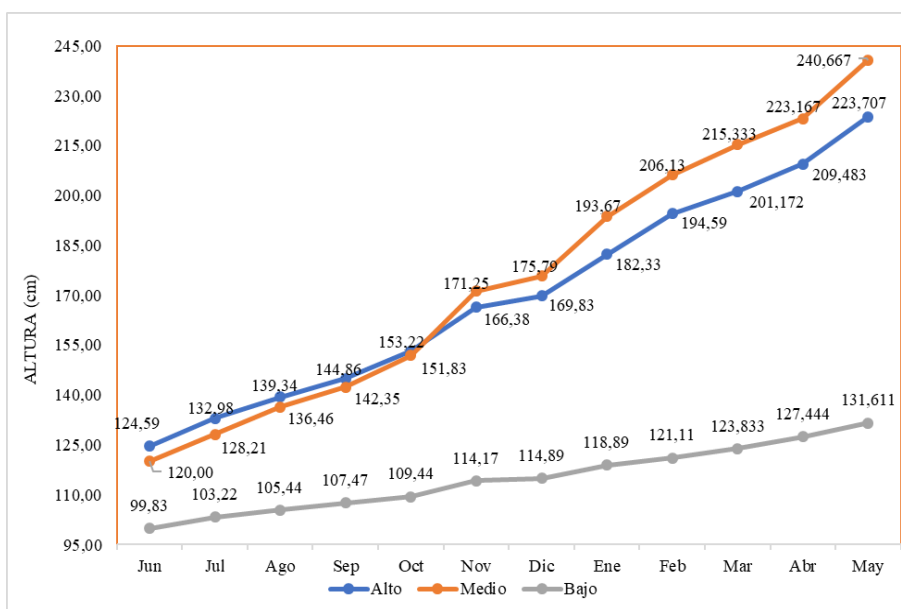


Figura 6: Altura de los árboles en relación al relieve del suelo durante el año de evaluación.

Elaborado por: Autora

4.1.3.2. Crecimiento mensual de diámetro basal del tallo en los diferentes relieves

Lo que refiere al promedio de crecimiento mensual del diámetro basal del tallo en función al periodo de evaluación, los árboles del relieve bajo no se desarrollan favorablemente por las condiciones de excesiva humedad en las que se encuentran, los árboles del relieve alto y medio tiene un desarrollo normal con valores semejantes hasta el mes de agosto, desde el mes de

septiembre los árboles del relieve medio presentan un crecimiento mayor como se muestra en la Figura 7.

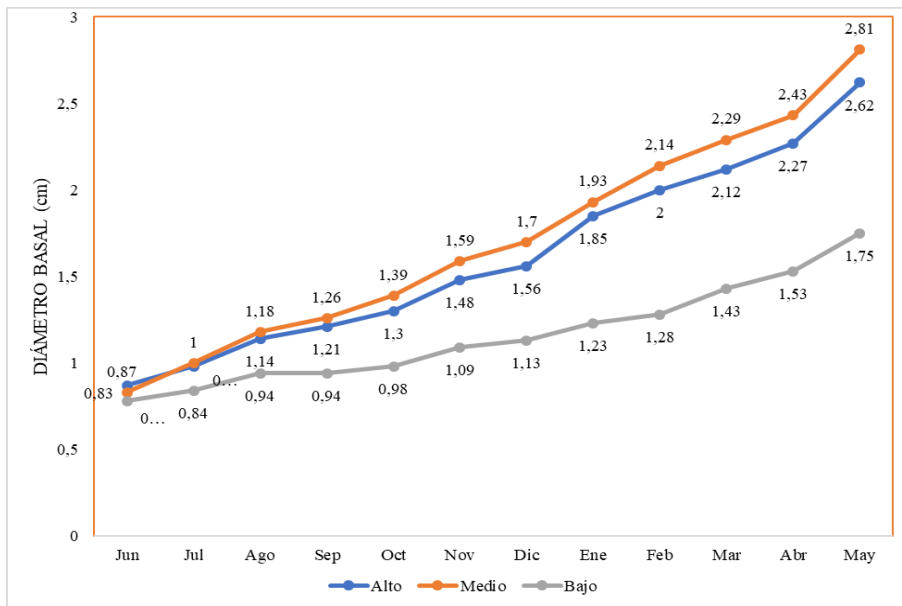


Figura 7: Diámetro basal del tallo en relación al relieve del suelo durante el año de evaluación

Elaborado por: Autora

4.1.3.3. Crecimiento mensual de volumen total del árbol en los diferentes relieves

En cuanto al promedio de crecimiento mensual del volumen del árbol en función al periodo de evaluación Figura 8, los árboles del relieve alto y medio presentan valores semejantes de crecimiento hasta el mes de julio, para el mes de agosto los árboles del relieve medio presentan un alto incremento en volumen, los árboles en el relieve bajo tuvieron un limitado desarrollo debido a que la zona donde se encuentran está presente una zona fangosa.

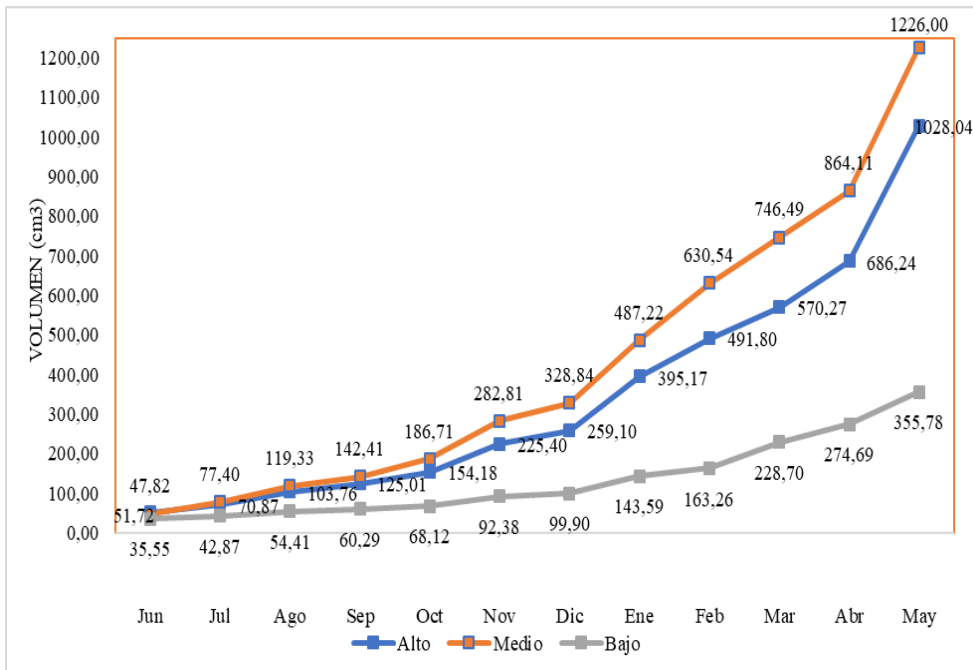


Figura 8: Volumen total del árbol en relación al relieve del suelo durante el año de evaluación

Elaborado por: Autora

4.1.4. Resultados de la correlación entre variables en los diferentes relieves

El comportamiento de las variables difiere en cada uno de los relieves, el desarrollo de los árboles en el relieve medio fue mejor, debido a la simetría que presentan los valores es decir que los árboles con mayor diámetro basal del tallo alcanzan mayor altura, similares características presentan los árboles en el relieve alto, en cuanto a los valores en el relieve bajo no presentan una simetría adecuada por lo que el desarrollo de estos es mínimo Figura 9.

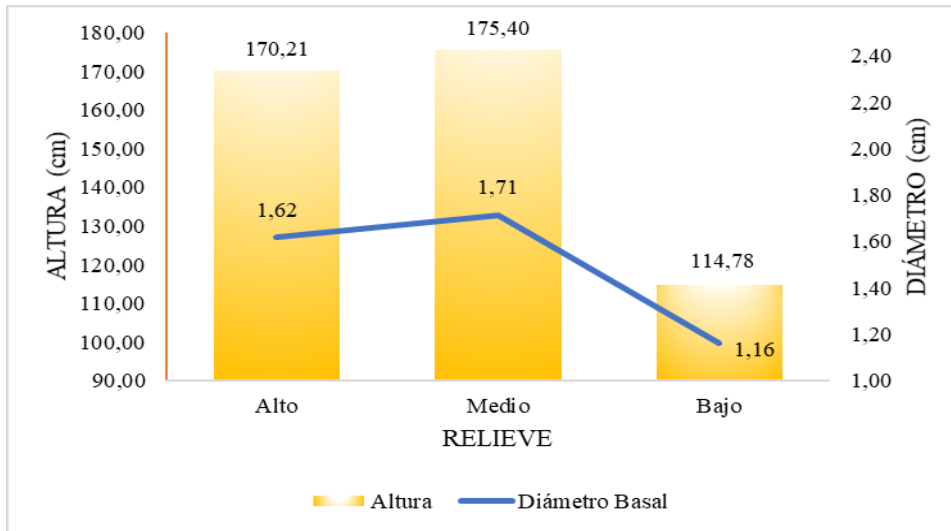


Figura 9: Comportamiento de la altura y diámetro basal del tallo en los diferentes relieves

Elaborado por: Autora

En la Figura 10 se muestra la relación que existe entre altura y volumen en función del relieve, el desarrollo de los árboles en el relieve medio fue superior en comparación a los otros relieves, los valores de las variables en este relieve presentan simetría es decir que los árboles con mayor altura soportarán mayor volumen foliar, similares características presentan los árboles en el relieve alto, en cuanto a los valores en el relieve bajo no presentan un buen equilibrio entre las variables por lo que el desarrollo de estos es mínimo.

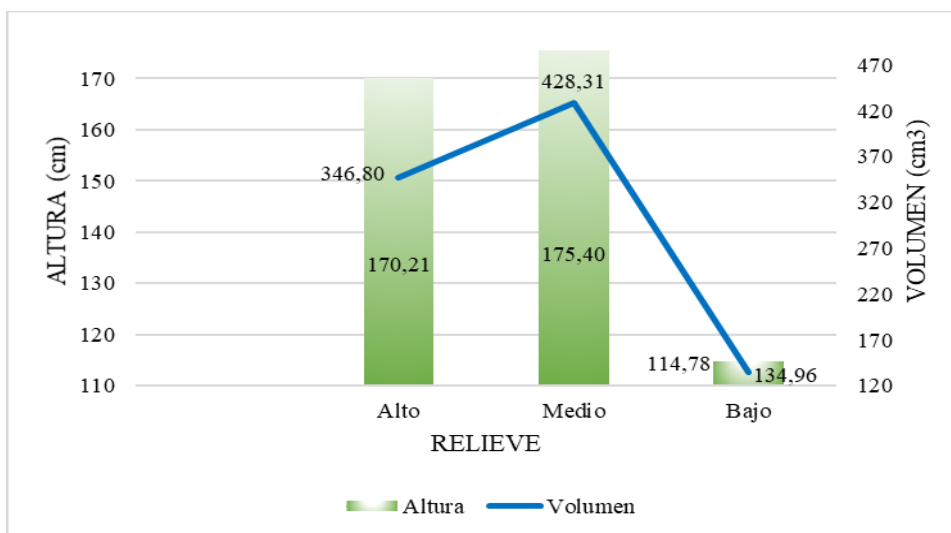


Figura 10: Comportamiento de la altura y volumen total del árbol en los diferentes relieves

Elaborado por: Autora

4.1.5. Análisis de crecimiento en altura, diámetro basal del tallo y volumen total del árbol en función de la edad.

4.1.5.1. Altura en función de la edad

En el análisis de regresión se obtiene una tendencia que permite estimar el crecimiento de la acacia en función a la edad, con lo cual se fijó una ecuación en la que se logró un ajuste de los datos del 99%, de forma que conociendo la edad en meses de la planta se puede predecir cual va a ser la altura siempre que las condiciones donde estos se desarrollen sean similares a las de la investigación, Figura 11.

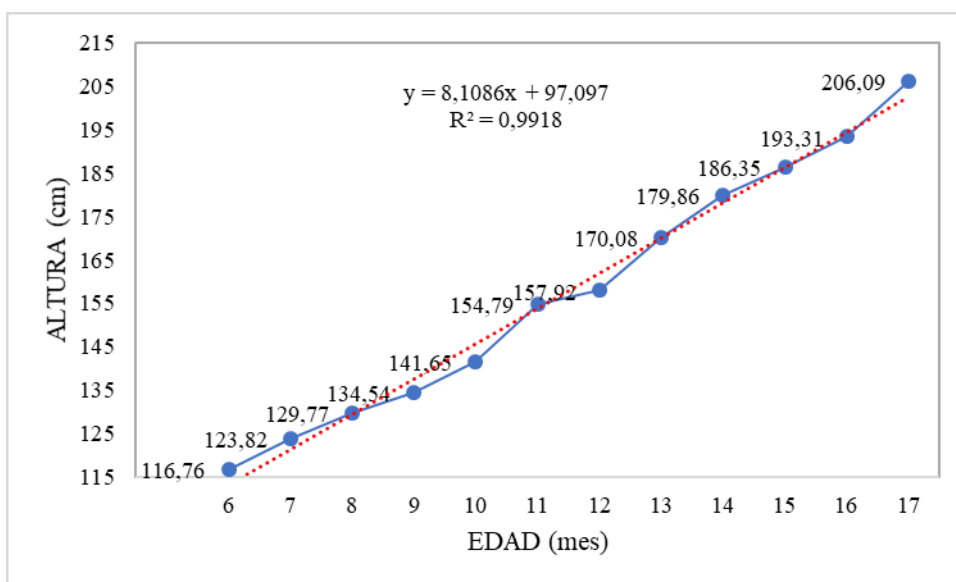


Figura 11: Análisis de regresión - altura en función de la edad

Elaborado por: Autora

4.1.5.2. Diámetro basal del tallo en función de la edad

Se fijó una ecuación en la que se logró un ajuste de los datos del 97%, la tendencia que se obtuvo permite estimar el crecimiento del diámetro basal del tallo de la acacia, siempre que las condiciones ambientales sean semejantes a las de la investigación conociendo la edad en meses de la planta se puede predecir el diámetro basal del tallo Figura 12.

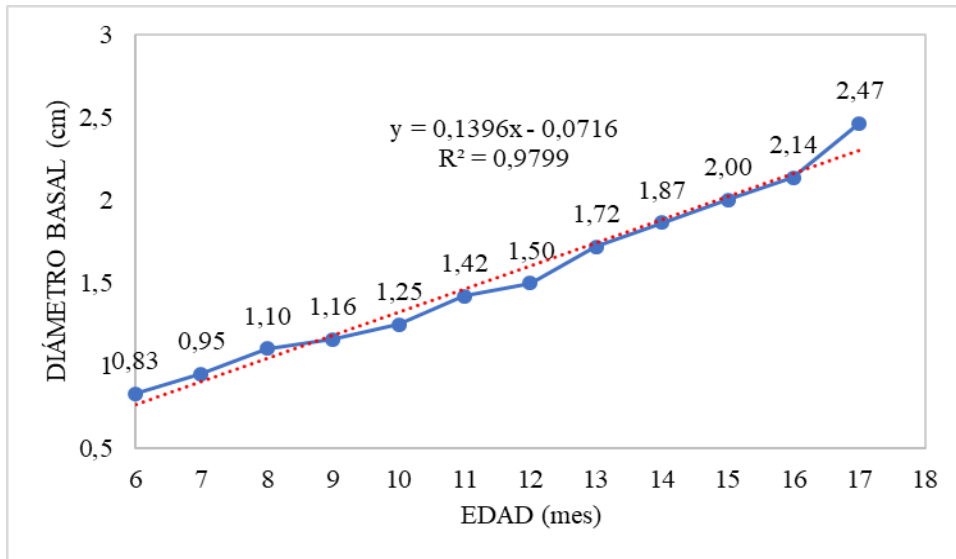


Figura 12: Análisis de regresión - diámetro basal del tallo en función de la edad

Elaborado por: Autora

4.1.5.3. Volumen total del árbol en función de la edad

En el análisis de regresión se obtuvo una curva que permite estimar el crecimiento de la acacia en volumen, se fijó una ecuación en la que se logró un ajuste de los datos del 98%, de forma que conociendo la edad en meses de la planta se puede predecir cual va a ser el volumen siempre la zona donde se establezca el sistema silvopastoril presente condiciones parecidas a las de la investigación, Figura 13.

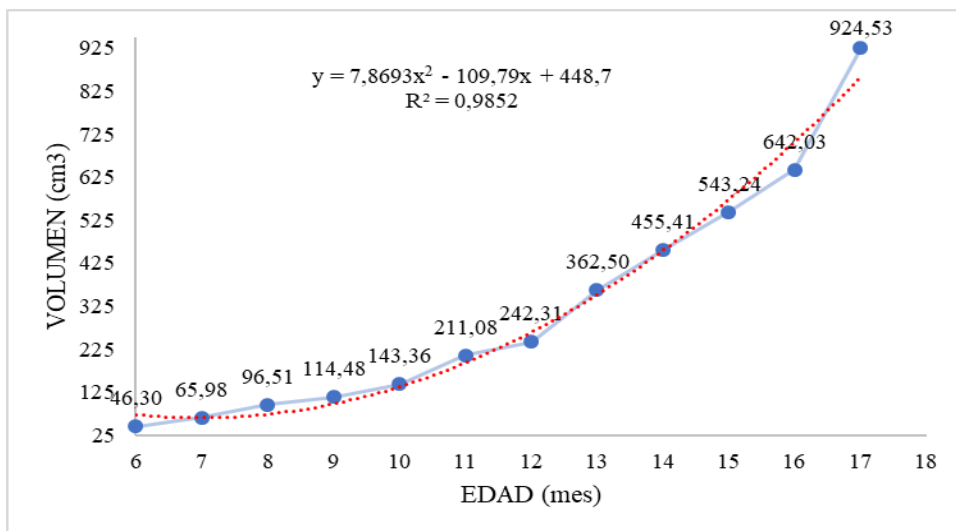


Figura 13: Análisis de regresión – volumen total del árbol en función de la edad

Elaborado por: Autora

4.1.5.4. Altura en función del diámetro basal del tallo.

Para el análisis de regresión se fijó una ecuación logarítmica en la que se logró un ajuste de los datos del 98%, se obtiene una inclinación que permite estimar el crecimiento en altura de la acacia en función de diámetro basal del tallo, de forma que conociendo el aumento del diámetro de la planta se puede predecir cual va a ser la altura siempre que las condiciones sean similares a las de la investigación, Figura 14.

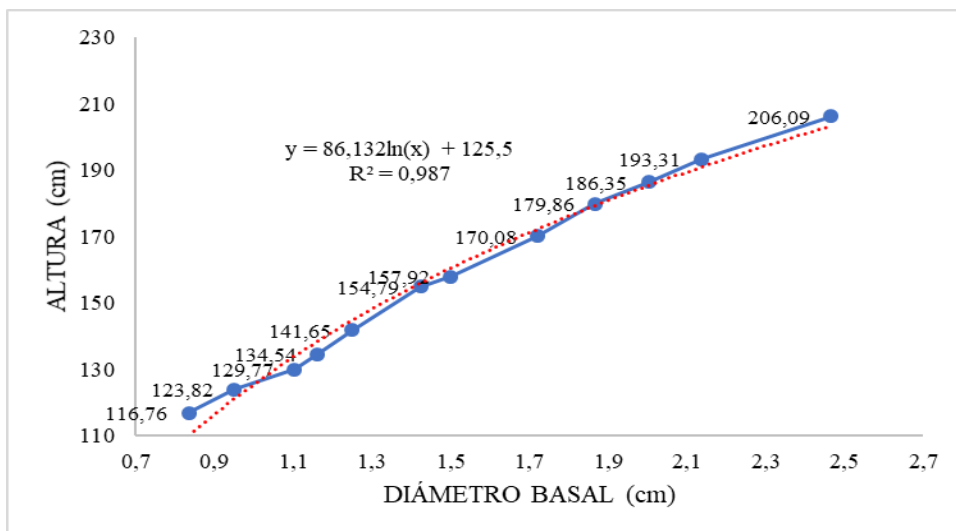


Figura 14: Análisis de regresión – altura en función del diámetro basal del tallo

Elaborado por: Autora

4.2. DISCUSIÓN

Pinilla (2000) menciona que suelos de mediana a alta fertilidad, profundos, de buen drenaje y pH neutro a ácido, son apropiados para el buen desarrollo de acacia, las condiciones medioambientales apropiadas son lugares sin escasez de luz, picos altos de precipitación y temperatura como declara Carranza (2007), estos factores fueron determinantes en el establecimiento del sistema silvopastoril con acacia en la finca San Vicente, debido a que existen zonas con pésimo drenaje y arenosas donde el desarrollo de los arboles fue mínimo alcanzado alturas de apenas 0,54 cm.

Peralta (1976) manifiesta que los requerimientos climáticos de la acacia para un buen desarrollo como precipitación debe oscilar entre los 1000 mm promedio, tres meses de sequía, y temperatura medio anual de 10 y 13° C; sin embargo en la presente investigación se determinó una precipitación promedio de 1412,3 mm/año, una temperatura promedio de 12,5° C, y no existieron meses secos, debido a esto los árboles de acacia alcanzaron una altura media a los seis meses de edad de 116,76 cm, valores menores a los alcanzados en la investigación Cuásquer (2016) donde la variable altura fue de 132 cm, tomando en cuenta que se desarrolló en la misma parroquia de la presente investigación.

En la evaluación de crecimiento de acacia en la finca San Vicente, parroquia Carmelo a los seis meses se obtuvo una altura promedio 116,76 cm y un diámetro basal de 0,83 cm valores menores en relación a los datos que obtuvo Cerón (2010) donde a los seis meses de edad la acacia alcanzó una altura promedio de 147 cm y diámetro basal de 0,99 cm. Esta diferencia se debe a que en su investigación de desarrollo en diferentes condiciones ambientales.

Giraldo & Bolívar (2006) en la investigación Evaluación de un sistema silvopastoril de Acacia decurrens asociada con pasto kikuyo realizada en la Universidad Nacional de Colombia obtuvieron un promedio de crecimiento a los 14 meses en altura de 320 cm y diámetro basal del tallo de 8,22 cm, no obstante en la presente investigación se evaluó durante 12 meses y se obtuvieron resultados promedio de 206,09 cm en altura y 2,47 cm en diámetro basal del tallo, esta diferencia se debe a las condiciones climáticas de la zona precipitaciones de 2200 mm y temperaturas promedio de 18 °C, diferentes a las condiciones de la presente investigación donde

la precipitación promedio fue de 1412,3 mm/año, con temperaturas promedio de 12,6 °C determinando que a mayor temperatura y precipitación mayor va a ser el desarrollo del árbol.

En lo que refiere al desarrollo de acacia tanto en altura como volumen los valores promedios que se obtuvieron en la finca San Vicente de la parroquia el Carmelo fueron 206,09 cm y 924,53 cm³ respectivamente, valores mayores en consideración a la investigación realizada por (Cuásquer, 2017) donde las variables altura total y diámetro de copa, con 132 cm y 52,56 cm respectivamente.

Los resultados obtenidos en la presente investigación difieren de los obtenidos por Castro (2010) ya que los valores promedio de crecimiento en altura a los seis meses son menores 116,76 cm, mientras que en el ensayo realizado por el mencionado autor el promedio de crecimiento de Acacias Carchi alcanzan 147 cm, Acacia Imbabura 143 cm y Acacia Pichincha los promedios más bajos con 92 cm, cabe recalcar que el mencionado autor dividió su ensayo en varios tratamientos, estos datos son corroborados con Flores *et al.* (2016) donde el promedio de crecimiento en altura fue de 149 cm en la región media de la Cuenca del río Mira.

Estudios realizados por Siebert & Bauerle (1995) determinan que el mayor incremento en altura de la acacia se da en zonas donde el promedio de precipitación y temperatura oscilan entre los 450 a 1800 mm/anuales y temperatura promedio de 16,83 °C, estos valores son comprobados en posteriores investigaciones realizadas por Flores *et al.* (2016) donde el promedio de crecimiento en altura fue 149 cm con promedios de 567 mm/anuales en precipitación y 17 °C en temperatura, mayores en relación a los valores obtenidos en la presente investigación cabe recalcar que los datos antes mencionados fueron tomados a los seis meses después de la siembra. Además, en la investigación realizada por Cuásquer (2017) en la misma parroquia obtuvo valores promedio de crecimiento en altura total de 135 cm, con promedios de 2000 mm/anuales de precipitación y temperatura promedio de 14 °C, concluyendo que las variables de temperatura y precipitación en la zona donde se realizó el presente estudio sí afectaron el desarrollo de los árboles.

Referente a los promedios de crecimiento de diámetro basal del tallo Carranza (2007) establece que la *A. melanoxylon* es un árbol que en los sitios donde las características de su entorno no son favorables alcanzaría una altura de apenas 1 m/año y un diámetro basal del tallo de 1,5 cm/año, dado que el área donde se desarrolló el estudio presenta estas condiciones el crecimiento del

diámetro basal del tallo fue de 1,63 cm/año, similares valores obtuvo Cerón (2010) donde el valor de crecimiento promedio del diámetro basal fue de 1,49 cm/año. Cabe mencionar que la investigación realizada por Cuásquer (2017) es próxima al área de estudio de la presente investigación y alcanzó un promedio mayor de crecimiento del diámetro basal alcanzando 2,20 cm/año.

Debido a que las características edafoclimáticas del área de estudio son poco favorables, el desarrollo del diámetro basal del tallo fue mínimo en comparación con los promedios obtenidos por Siebert & Bauerle (1995) debido a que este estudio se desarrolló en un área donde el promedio de precipitación y temperatura oscila entre los 11 y 20 °C y 1800 mm/anales respectivamente y el promedio de crecimiento del diámetro basal superó los 2 cm/anales, valores muy semejantes obtuvo Cuásquer (2017) ya que en el periodo de evaluación obtuvo un promedio de crecimiento de diámetro basal de 1,95 cm/año con promedios de precipitación de 2000 mm/año y temperatura promedio de 14 °C.

En la investigación realizada por Friedl, *et al*, (2010) evaluaron una muestra de 17 árboles de cuatro años de edad y promedio de altura de 6 m para determinar el crecimiento del volumen total de los árboles donde los valores promedio de volumen fueron de 4000 cm³ (promedio anual 1000 cm³) si hacemos referencia al promedio de volumen anual total de la presente investigación determinamos que el crecimiento en volumen del árbol es bajo, tomando en cuenta que la evaluación se la realizó en 71 individuos a un año después de la siembra.

Siebert & Bauerle (1995) citado por Carranza (2007) establecen que: los incrementos volumétricos conocidos en países como Australia y Sudáfrica fluctuaron entre 10 y 16 m³/ha/año valores que se obtuvieron de un total de 2600 árboles, este debido a que las condiciones edafoclimáticas son favorables para el buen desarrollo de la especie, donde los promedios de precipitación y temperatura oscilan entre 750 – 1800 mm/anales y 26 – 30 °C respectivamente, este fue un factor determinante en la presente investigación ya que en la zona donde se estableció el ensayo la temperatura máxima alcanzada fue de 12,98 °C y el pico de precipitación máximo fue de 194 mm/anales.

Referente al incremento medio anual de las variables altura, diámetro basal y volumen; Muñoz, Espinoza, Herrera, & Cancino (2005) determinaron que el mayor incremento medio anual (IMA)

en volumen se logra en los tratamientos con mayor densidad arbórea (T1, T4 y T7) con valores de 40,6, 48,6 y 46,6 m³ ha/año, respectivamente, entre los 6 y 10 años de edad de la plantación.

Cuásquer (2017) evaluó el crecimiento de acacia melanoxylon en el sector de Cartagena, parroquia El Carmelo a 2995 msnm y obtuvo valores promedio en crecimiento de altura de 210 cm, diámetro basal de 2,80 cm superiores a los que se obtuvieron en la presente investigación, además se señala que los valores de mayor crecimiento de las variables fueron a 2950 -2965 msnm donde la altura fue de 175,40 cm, diámetro basal del tallo 1,71 cm y volumen del árbol 428,31 cm³. Por otra parte, Castro (2010) en la comunidad de Cuesaca de la ciudad de Bolívar, Provincia del Carchi, a 2750 m.s.n.m, y con 12.45 °C promedio de temperatura, obtuvo valores de crecimiento de altura 242 cm, diámetro basal del tallo de 2,65 cm mayores a los que se obtuvieron en esta investigación.

El análisis de correlación es un procedimiento estadístico que nos permite determinar si dos variables están relacionadas o no, los estudios realizados por Garland, Miranda, Grance, Bohren, & Keller (2001) determinan que si el diámetro basal del tallo aumenta a medida que el árbol crece en altura el grado de correlación es alto, siempre que los valores presenten una simetría adecuada, corroboramos esta información con los datos obtenidos en la presente investigación donde los valores del incremento de diámetro basal (1,71 cm) y altura (175,40 cm) están equilibrados, si bien es cierto los promedios de crecimiento son bajos, pero esto se debe a que la zona donde se estableció el estudio no presenta características favorables.

En la investigación hecha por Pérez, Reyes, & Ríos (2017) demuestra que el mayor grado de correlación se presenta entre las variables área basal, volumen, diámetro a la altura del pecho y la altura total del árbol fue el "dc" (0,6945, 0,7061, 0,7614 y 0,8004 de coeficientes de correlación respectivamente) es decir que el progresivo desarrollo e incremento de estos trae consigo que el diámetro del tallo aumente en la medida que aumenta la altura total de los árboles y esta tendencia irá siendo menor cuando el techo de las copas vaya cerrando, hasta cerrar por completo, reduciendo así gradualmente el espacio vital de cada árbol.

En la presente investigación se estableció un análisis de regresión fijando modelos lineales y logarítmicos, con las que se logra un ajuste del 99% de los datos, estos datos los corroboramos con la investigación de García, *et al.* (2017) quienes ajustaron ecuaciones que indican que existe

una tendencia lineal entre las variables diámetro y altura, para seis especies forestales empleando modelos lineales y alométricos transformados mediante logaritmos llegando a predecir con precisión del 94 % el crecimiento de las variables en estudio.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Durante el primer año de establecimiento del sistema silvopastoril con acacia se obtuvo los siguientes resultados, altura promedio de 206,09 cm, diámetro basal del tallo de 2,46 cm, volumen 924,52 cm³, incremento medio anual de la altura de 12,12 cm e incremento medio anual del diámetro basal de 0,15 cm, por lo que se concluye que el desarrollo de acacia se encuentra en un nivel bajo en relación a otros estudios realizados.

Existe una relación entre las variables medidas en un árbol, denominada relación alométrica las cuales ayudan a determinar el nivel de desarrollo de los árboles, dentro de la investigación realizada la relación altura – diámetro basal denota simetría en el relieve medio, es decir que las variables están acopladas puesto que el árbol alcanza mayor altura cuanto mayor es el diámetro de tallo.

En cuanto a la relación altura y volumen en el relieve medio presentan mayor acoplamiento, debido a la resistencia que tiene el tallo a la gran cantidad de ramificaciones, además de que el diámetro del tallo favorece a este ajuste.

Colocando árboles en hilera siguiendo las curvas de nivel en áreas con pendiente muy pronunciada se disminuye el arrastre de macro y micronutrientes hacia la parte baja de la ladera, más no el escurrimiento de agua lo que generó un desarrollo mayor en altura, diámetro basal del tallo y volumen total de los árboles en el relieve medio, debido a que la especie en estudio no soporta zonas anegadas y por lo tanto los árboles de relieve bajo no se desarrollaron favorablemente.

Los árboles de acacia en la implementación del sistema silvopastoril se desarrollaron de mejor manera en el relieve medio debido a que este no presenta una pendiente muy pronunciada y hay mayor acumulación de macro y micro elementos que ayudan al desarrollo de pasturas.

Dentro del sistema silvopastoril los árboles de acacia se sembraron a una distancia de 3 metros, aplicando el método tresbolillo o método del triángulo, siguiendo las curvas de nivel, logrando conservar el suelo y protegiéndolo de la erosión.

Es beneficioso implementar un sistema silvopastoril con acacia en la parroquia El Carmelo, tomando en cuenta las condiciones edafoclimáticas para favorecer el desarrollo de los árboles, es decir no establecer el sistema en zonas con poco drenaje y suelos arenosos.

5.2. RECOMENDACIONES

Mantener a los animales alejados de los árboles hasta que alcancen una altura óptima, para así evitar la herbivoría, utilizando cerca eléctrica.

Mantener a los árboles libres de maleza en los primeros meses de desarrollo para evitar la competencia por nutrientes.

Evaluar el desarrollo del árbol de acacia en suelos con diferentes grados de pendiente, para establecer en que pendiente alcanza mayor altura y volumen.

Continuar evaluando las variables de diámetro basal del tallo, volumen después de la poda para valorar el nivel de desarrollo del follaje.

Tomar como referencia los valores de crecimiento de acacia en el establecimiento del sistema silvopastoril en diferentes relieves obtenidos en la presente investigación, para hacer una comparación con posteriores investigaciones y determinar en qué relieve el árbol de acacia se desarrolla favorablemente y dejarlo como referencia para el establecimiento de otros sistemas silvopastoriles siempre que las condiciones edafoclimáticas sean similares a las de la presente investigación.

Tomar en cuenta que las líneas de tendencia no son aplicables a todas las variables, ya que estas varían según el clima y la edad del árbol.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, H. (Octubre de 2011). <https://es.calameo.com>. Recuperado el 30 de Agosto de 2018, de <https://es.calameo.com/read/001799814a244bcd848ea>
- Arboleda, D., Tombe, A., Morales, S., & Vivas, N. (27 de Mayo de 2011). <http://www.scielo.org.co>. Obtenido de Línea base de especies arboreas y arbustos con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera del clima frio en el valle del Cauca: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a19.pdf>
- Avendaño, S., & Acosta, I. (2000). <http://www.redalyc.org>. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/617/61760105/>
- Barrera, D., & Rodríguez, M. (2007). <http://repository.lasalle.edu.co>. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6747/13992005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barros, S. (Noviembre de 2007). <http://biblioteca.infor.cl>. Obtenido de <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/26485.pdf>
- Bonilla, J. (1971). <http://www.ipef.br>. Obtenido de <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr02-03/cap05.pdf>
- Bonilla, J. (1971). La influencia del clima y el suelo . En *IPEF* (págs. 72 - 92). Uruguay.
- Botero, J. (2003). <http://www.fao.org>. Recuperado el 2017, de <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s07.htm>
- Bravo, G. (10 de Mayo de 2013). <http://repositorio.utn.edu.ec>. Obtenido de Estudio de relación de especies forestales nativas de altura en Sistemas silvopastoriles, como una medida de adaptación al cambio climático, Papallacta, cantón Quijos: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2678/1/03%20AGP%20158%20Tesis.pdf>
- Calvo, S. (2004). <https://dialnet.unirioja.es>. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/3761553.pdf>
- Cancino, J. (2012). <http://repositorio.udec.cl>. Recuperado el 30 de Agosto de 2018, de http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/407/Dendrometria_Basica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carranza, S. (2007). Revisión bibliográfica sobre *Acacia melanoxylon*: su silvicultura y su madera. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* .

- Castro, E. (24 de Noviembre de 2010). <http://repositorio.utn.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/121/6/03%20FOR%20175%20TESIS.pdf>
- Cerón, E. (24 de Noviembre de 2010). <http://repositorio.utn.edu.ec>. Recuperado el 2017, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/121/6/03%20FOR%20175%20TESIS.pdf>
- CIPAV. (Agosto de 2009). <https://es.slideshare.net>. Obtenido de <https://es.slideshare.net/Fedegan/sistemas-silvopastoriles-cc>
- Clavero, T., & Suárez, J. (2006). Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes*, vol. 29, núm. 3, 1-6.
- CONABIO. (2017). Evaluación rápida de invasividad de *Acacia melanoxylon*. . 10. Recuperado el 25 de Julio de 2018, de http://www.encyclovida.mx/pdfs/exoticas_invasoras/Acacia%20melanoxylon.pdf
- Cuasquer, C. (10 de Enero de 2017). <http://repositorio.utn.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6081/1/03%20FOR%20247%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cuásquer, M. (07 de Julio de 2016). <http://repositorio.utn.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5819/1/03%20FOR%20239%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Duke, J. (1983). <https://www.hort.purdue.edu>. Obtenido de https://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Acacia_mangium.html
- Escobar, N., Mora, J., & Romero, N. (2011). <http://www.scielo.org.co>. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902011000300032#4
- Faría, J. (2006). <http://avpa.ula.ve>. Obtenido de http://avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A1-Jesus%20Faria%20Marmol.pdf
- Flores, G., Vizcaíno, M., Arcos, C., Romero, M., Añazco, M., Rosales, O., & Martínez, I. (24 - 28 de Octubre de 2016). <https://www.researchgate.net>. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Ingrid_Martinez2/publication/319517676_AGROFORESTERIA_CONSERVACION_DE_SUELOS_EN_LA_CUENCA_MEDIA_DEL_RIO

- _MIRA_ECUADOR/links/59b0567baca2728472ccd94a/AGROFORESTERIA-CONSERVACION-DE-SUELOS-EN-LA-CUENCA-MEDIA-DEL-RIO-MIRA-
- Florez, L., & Umaña, J. (2006). *http://repository.lasalle.edu.co*. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6666/00797723.pdf?sequen%20ce1>
- Friedl, R., Correa, M., Toloza, R., Hennig, H., Termachuka, M., Martínez, C., . . . Parodi, G. (10 - 11 - 12 de Junio de 2010). *https://inta.gob.ar*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-modelo_volumen_acacia.pdf
- García, X., Hernández, J., Hernández, A., Quiñónez, G., Tamarit, J., & García, G. (2017). *http://www.scielo.org.mx*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v8n43/2007-1132-remcf-8-43-00089.pdf>
- Garlant, H., Miranda, D., Grance, L., Bohren, A., & Keller, H. (Julio de 2001). *http://www.redalyc.org*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/481/48100904.pdf>
- Giraldo, A. (2003). *http://www.fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/Y4435S/y4435s0k.htm>
- Giraldo, L., & Bolívar, D. (27 de Noviembre de 2006). *http://bibliotecadigital.agronet.gov.co*. Obtenido de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6692/1/20061127115335_Sistema%20silvopastoril%20acacia%20decurrrens%20y%20kikuyo.pdf
- Gonzáles, I., & Guanipa, N. (2005). *http://www.avpa.ula.ve*. Obtenido de La silvicultura una manera de convivir con el ambiente: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo10-s3.pdf
- González-Stagnaro, & Soto-Belloso. (2005). *https://anatomiyplastinacion.wikispaces.com*. Obtenido de <https://anatomiyplastinacion.wikispaces.com/file/view/Manual+de+ganaderia+doble+pr+oposito.pdf>
- Harvey, C. (01 de Febrero de 2000). *https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com*. Obtenido de <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1051-0761%282000%29010%5B0155%3AWESDIA%5D2.0.CO%3B2>

- Ibrahim, M., & Pezo, D. (1998). <https://books.google.com.ec>. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=_pYOAQAIAAJ&pg=PA4&lpg=PA4&dq=Los+sistemas+silvopastoriles+son+una+opci%C3%B3n+de+producci%C3%B3n+pecuaria+en+donde+las+plantas+le%C3%B1osas+perennes+interact%C3%BAan+con+los+componentes+tradicionales+\(pastos+y+animal](https://books.google.com.ec/books?id=_pYOAQAIAAJ&pg=PA4&lpg=PA4&dq=Los+sistemas+silvopastoriles+son+una+opci%C3%B3n+de+producci%C3%B3n+pecuaria+en+donde+las+plantas+le%C3%B1osas+perennes+interact%C3%BAan+con+los+componentes+tradicionales+(pastos+y+animal)
- Ibrahim, M., Mora, J., & Rosales, M. (2006). <http://www.flacsoandes.edu.ec>. Obtenido de <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/51746.pdf>
- IICA. (Noviembre de 2016). www.iicard.org. Obtenido de <http://www.iica.int/es/publications/establecimiento-y-uso-de-sistemas-silvopastoriles-en-rep%C3%ABlica-dominicana>
- Imaña, J., & Encinas, O. (2008). <http://repositorio.unb.br>. Obtenido de http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf
- INAMHI. (2017). <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>. Obtenido de <http://186.42.174.236/InamhiEmas/#>
- INIAP. (2016). *Reporte de Análisis de Suelos*. Quito.
- Izaguirre, F., & Martínez, J. (10 de Octubre de 2007). <https://es.scribd.com>. Obtenido de El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible: <https://es.scribd.com/document/110535250/arboles-multiproposito>
- Jimenez, M. (25 de Julio de 2012). <http://sistemassilvopastoril.blogspot.com>. Obtenido de <http://sistemassilvopastoril.blogspot.com/p/teorico.html>
- Kannegiesser, U. (1989). <http://biblioteca.infor.cl>. Obtenido de <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/18479.pdf>
- L., Q., Martínez–Hernández, P., Pimentel–Bribiesca, L., & Rodríguez–Trejo, D. (Julio - Diciembre de 2009). <http://www.scielo.org.mx>. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182009000200008
- Latam, M. (Octubre de 2018). <https://es.mongabay.com>. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2018/10/peligros-bosques-secos-ecuador/>
- Libreros, H. (10 de Enero de 2015). <http://semillas.org.co>. Obtenido de <http://semillas.org.co/es/revista/sistemas-silvopastoriles-opci>
- Luccerini, S., Subovsky, E., & Borodowsky, E. (2004). Recuperado el 2017, de https://www.agro.uba.ar/apuntes/no_8/sistemas.htm

- MAE. (Julio de 2015). <http://www.ambiente.gob.ec>. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/CONTROL-FORESTAL.pdf>
- Mahecha, L. (2002). <https://dialnet.unirioja.es>. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3242906.pdf>
- Martínez, P., Domínguez, M., Juárez, A., L., L., De la Cruz, V., & Álvarez, J. (2015). <http://www.scielo.org.mx>. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a10.pdf>
- Milera, M. (13 de Julio de 2013). <http://ww.ucol.mx>. Obtenido de <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/sept/1.pdf>
- Mohan, B., & Ramachandran, P. (Febrero de 2011). <http://library.uniteddiversity.coop>. Obtenido de http://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Agroforestry/Carbon_Sequestration_Potential_of_Agroforestry_Systems-Opportunities_and_Challenges.pdf
- Montagnini, F. (1992). <https://archive.tropicalstudies.org>. Obtenido de <https://archive.tropicalstudies.org/images/downloads/information-resources/library/sistemasagroforestales.pdf>
- Montoya, R. (2012). <http://www.floraiberica.es>. Obtenido de http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/07_01%20Acacia.pdf
- Muñoz, D., Calvache, D., & Yela, J. (01 de Mayo de 2013). <https://dialnet.unirioja.es>. Recuperado el 26 de Julio de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5104102.pdf>
- Muñoz, D., Calvache, D., & Yela, J. (2013). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5104102.pdf>. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5104102.pdf>
- Muñoz, D., Navia, J., & Moreno, B. (05 de Noviembre de 2014). <http://www.scielo.org.co>. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-01352014000200007&script=sci_arttext&tlng=es
- Muñoz, F., Espinoza, M., Herrera, M., & Cancino, J. (2005). <https://www.researchgate.net>. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/250371600_Caracteristicas_del_crecimiento_en

_diametro_altura_y_volumen_de_una_plantacion_de_Eucalyptus_nitens_sometida_a_tratamientos_silvicolas_de_poda_y_raleo

- Murgueitio, E., & Calle, Z. (1998). <http://www.fao.org>. Obtenido de <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/MURGUEI3.PDF>
- Murgueitio, E., & Preston, T. (1993). *Los sistemas sostenibles de producción como respuesta a la crisis de la producción pecuaria tropical*. Bogotá - Colombia.
- Nair, P., Kang, B., & Kass, D. (1995). <https://dl.sciencesocieties.org>. Obtenido de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/asaspecialpubli/agricultureand e/117>
- Ospina, A. (Noviembre de 2006). *Agroforestería; Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Santiago de Cali, Colombia - Valle del Cauca.
- Ospina, C., Hernández, R., Gómez, D., Godoy, J., Aristizábal, F., Patiño, J., & Medina, J. (2005). <https://www.cenicafe.org>. (BLANECOLOR, Ed.) Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/aliso.pdf>
- Peralta, A. (1976). <http://www.gestionforestal.cl>. Obtenido de http://www.gestionforestal.cl/pt_02/plantaciones/txt/ReqEcol/REMEL.htm
- Pérez, Y., Reyes, R., & Ríos, C. (Junio de 2017). <http://scielo.sld.cu>. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000200002
- Pezo, D., & Ibrahim, M. (1999). <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr>. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4025/Sistemas_silvop astoriles.pdf;jsessionid=98665D30A62CFA3892261E3D093EED8B?sequence=1
- Piedrahita, E., & Santiago, M. (1994). <http://revistas.unal.edu.co>. Obtenido de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28559/28974>
- Pineda, J. (2017). <https://stadium.unad.edu.co>. Recuperado el 26 de Julio de 2018, de <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12275/1/3192543.pdf>
- Pinilla, J. (2000). *Descripción y Antecedentes Básicos sobre Acacia dealbata, Acacia melanoxylon y Acacia mearnsii*. Concepción, Chile.
- Pinilla, J., Molina, M., Briones, R., & Hernández, G. (2006). <https://core.ac.uk>. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/60634605.pdf>

- Quiceno, D. (2017). <http://bdigital.unal.edu.co>. Obtenido de http://bdigital.unal.edu.co/60882/1/TDG_EFECTO_PLANTACIONES.pdf
- Quiceno, M., & Medina, M. (06 de Diciembre de 2006). <http://www.lrrd.org>. Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd18/12/quic18166.htm>
- Rhoades, C., Eckert, G., & Coleman, D. (1998). <https://www.researchgate.net>. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/227807271_Effect_of_Pasture_Trees_on_Soil_Nitrogen_and_Organic_Matter_Implications_for_Tropical_Montane_Forest_Restoration
- Ribaski, J., & Montoya, L. (2000). <http://www.fao.org>. Obtenido de http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6340S/x6340s00.htm#_ftn1
- Ruiz, F., & GZ-Janica, H. (2012). <https://repository.javeriana.edu.co>. Obtenido de Efectos ambientales y socioeconómicos del sistema de producción ganadero con enfoque ambientalmente sostenible y el sistema tradicional, implementados en las fincas Escocia y Alejandría, respectivamente en el municipio de Montería, departamento de Córdoba: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/2505/RuizSoleraFlorAngela2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Russo, R. (1990). <https://link.springer.com>. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00122914>
- Russo, R. (Junio de 2015). <http://scielo.sld.cu>. Recuperado el 26 de Julio de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942015000200001
- Sánchez, B. (Agosto de 2014). <http://www.cinah.org>. Obtenido de http://www.cinah.org/wp-content/uploads/2014/10/Manual_sistemas_silvopastoriles.pdf
- Santiago, M., & Piedrahita, E. (1994). <http://revistas.unal.edu.co>. Obtenido de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28559/28974>
- Santos, W., & Castro, D. (2012). <http://repositorio.puce.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7094/6.H07.001317.pdf;sequence=4>
- Sanz, M. (22 de Diciembre de 2017). <https://www.mapama.gob.es>. Obtenido de https://www.mapama.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/acacia_melanoxylon_tcm30-70039.pdf
- Siebert, H., & Bauerle, P. (1995). <http://revistacienciasforestales.uchile.cl>. Obtenido de http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1995_vol10/n1-2a03.pdf

- Solórzano, N. (Abril de 2004). <http://www.mag.go.cr>. Obtenido de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/brochure_silvopast.pdf
- Sotomayor, A., & Barros, S. (2016). <http://biblioteca.infor.cl>. Obtenido de <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/31722-2.pdf>
- Tombe, A., Morales, S., Vivas, N., & Arboleda, D. (Junio de 2013). <http://www.scielo.org.co>. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a19.pdf>
- Toruño, I., Mena, M., & Guharay, F. (Abril de 2015). <https://www.researchgate.net>. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/292993836_Establecimiento_y_manejo_de_sistemas_silvopastoriles
- Velasco, A., Ibrahim, M., Kass, D., Jimenez, F., & Rivas, G. (1998). <http://www.fao.org>. Obtenido de <http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6326S/x6326S00.htm#Introducci%C3%B3n>
- Villacorta, J. (2011). <http://repository.uaeh.edu.mx>. Obtenido de http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/7384/sistemas_agroforestales.pdf?sequence=1
- Villagaray, S., & Inga, E. (Septiembre de 2011). <http://www.scielo.org.bo>. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892011000200007
- Villanueva, C., Ibrahim, M., & Casasola, F. (2008). <http://www.sidalc.net>. Obtenido de <http://www.sidalc.net/repdoc/A10912e/A10912e.pdf>
- Voizzo, J. (2004). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4242328/>
- Winters, P., Espinosa, P., & Crissman, C. (1998). <https://digitalrepository.unm.edu>. Obtenido de https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.ec/&httpsredir=1&article=1344&context=abya_yala
- WorldWideWattle. (2011). <http://worldwidewattle.com>. Obtenido de <http://worldwidewattle.com/infogallery/nameissue/index.php>
- Young, A. (1987). <https://link.springer.com>. Recuperado el 25 de Julio de 2018, de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00119126>
- Young, A. (1990). <http://www.worldagroforestry.org>. Obtenido de http://www.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/03_Agroforestry_for_soil_conservation.pdf

Zuluaga, A., & Rivera, J. (Enero de 2013). *https://www.researchgate.net*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Julian_Rivera2/publication/279962607_Los_sistemas_silvopastoriles_SSPI_en_el_tropico_de_altura_son_una_herramienta_para_la_adaptacion_de_la_lecheria_al_cambio_climatico/links/55a038f008ae032ef05458de/Los-sistemas-silvo

VII. ANEXOS

Anexo 1- Sistema silvopastoril con acacia



Anexo 2- Selección y limpieza de árboles de estudio



Anexo 3- Distancia para tomar medida del diámetro basal del tallo



Anexo 4- Anegación constante - Relieve bajo



Anexo 5- Área de estudio afectada por material pétreo.

