

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema: “Evaluación del crecimiento del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) y su influencia en un sistema silvopastoril ubicado en la parroquia El Carmelo provincia del Carchi”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniería en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR: Jacob Rolando Salazar Cárdenas

TUTOR: Ing. Hernán Benavides MSc.

TULCÁN - ECUADOR

2018

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Jacob Rolando Salazar Cárdenas con el número de cédula 040170720-3 ha elaborado el trabajo de titulación: “Evaluación del crecimiento del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) y su influencia en un sistema silvopastoril ubicado en la 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.

.....
Tutor. Ing. Hernán Benavides MSc.

.....
Lector. Ing. Ramiro Mora MSc.

Tulcán, 15 de octubre 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, Jacob Rolando Salazar Cárdenas con cédula de identidad número 040170720-3 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal. Los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....

Jacob Rolando Salazar Cárdenas

Tulcán, 15 de octubre de 2018

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jacob Rolando Salazar Cárdenas declaro ser autor de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Evaluación del crecimiento del aliso (*Alnus acuminata H.B.K.*) y su influencia en un sistema silvopastoril ubicado en la 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.

.....

Jacob Rolando Salazar Cárdenas

Tulcán, 15 de octubre de 2018

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por haberme dado la fuerza y la vida para seguir adelante con mis estudios. A la Universidad Politécnica Estatal Del Carchi por abrirme sus puertas para formarme profesionalmente.

A mis maestros que me guiaron durante mis estudios, a mis padres y mis hermanos por brindarme su apoyo y cariño incondicional durante mi carrera, y a mis buenos amigos que me han apoyado.

DEDICATORIA

A mis padres Luis Salazar y Esther Cárdenas, a mis hermanos José, Leandro y Melany, a mis sobrinos David y Gabriel, que son los pilares fundamentales en mi vida y mi motivación para salir adelante.

ÍNDICE

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR	i
AUTORÍA DE TRABAJO	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
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	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.4.3. Preguntas de Investigación	3
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
2.2. MARCO TEÓRICO	6
2.2.1. ¿Qué es un sistema silvopastoril?	6
2.2.2. ¿Qué especies de árboles fijadores de nitrógeno podemos usar en los SSP?	7
2.2.3. Tipos de sistemas silvopastoriles.....	8
2.2.3.1. Bancos de Proteína.....	8
2.2.3.2. Pasturas en callejón.....	8
2.2.3.3. Árboles dispersos en el potrero	8
2.2.3.4. Pastoreo en plantaciones	9
2.2.3.5. Cercas vivas	9
2.2.3.6. Barreras rompe vientos	9
2.2.5. ¿Porque el usar SSPi en el trópico de altura?	10

2.2.6. EL ÁRBOL DE ALISO (<i>Alnus acuminata</i>):.....	10
2.2.6.1. Clasificación taxonómica:.....	11
2.2.6.1.1. Subespecies y sinónimos.....	11
2.2.6.2. Generalidades de la especie	11
2.2.6.3. Morfología del árbol	12
2.2.6.3.1. La raíz.....	12
2.2.6.3.2. Las Hojas.....	13
2.2.6.3.3. Las flores	13
2.2.6.3.4. Los frutos	14
2.2.6.3.5. La Semilla	14
2.2.6.3.6. La madera.....	14
2.2.6.4. Requerimientos ambientales	15
2.2.6.5. Requerimientos edáficos.....	15
2.2.6.5.1. Preparación del terreno	16
2.2.6.5.2. Trazado y ahoyado	16
2.2.6.5.3. Densidad de siembra	16
2.2.6.5.4. Limpias.....	16
2.2.6.5.5. Fertilización.....	17
2.2.6.5.6. Podas	17
2.2.6.6. Plagas y enfermedades del árbol de aliso	18
2.2.6.7. Crecimiento.....	19
2.2.7. El aliso en el Ecuador	19
2.2.8. Características especiales del aliso	20
2.2.7.2. Aliso Blanco	20
2.2.7.2. Aliso Rojo	20
III. METODOLOGÍA	21
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	21
3.1.1. Enfoque	21
3.1.2. Tipo de Investigación	21
3.1.2.1. Correlacional.....	21
3.1.2.2. Explicativa	21

3.1.2.3. Experimental	22
3.2. HIPÓTESIS	22
3.2.1. Hipótesis afirmativa.....	22
3.2.2. Hipótesis Nula	22
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	23
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	25
3.4.1. Determinación de las temperaturas y precipitaciones mensuales.....	25
3.4.2. Determinación de la muestra en los diferentes relieves.....	25
3.4.3. Medición de altura, diámetro basal y volumen.....	26
3.4.3.1. Medición Altura	26
3.4.3.2. Medición diámetro basal.....	26
3.4.3.3. Medición de volumen.....	27
3.4.4. Calculo de los Incrementos medio mensual (IMM)	27
3.4.4.5. Calculo de los Incrementos medio mensual (IMMh).....	27
3.4.4.6. Calculo de los Incrementos medio mensual (IMMd).....	27
3.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. RESULTADOS	28
4.1.1. Resultados obtenidos en la evaluación de la altura promedio de las plantas por periodos del año (mes a mes).....	28
4.1.2. Resultados obtenidos en la evaluación por relieve	33
4.1.3. Resultados de las interacciones de las variables en los periodos del año	35
4.1.4. Resultados de las interacciones de las variables en los diferentes relieves	38
4.2. DISCUSIÓN.....	40
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. CONCLUSIONES.....	42
5.2. RECOMENDACIONES	42
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	II
VII. ANEXOS.....	VII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales plagas del aliso.....	18
Tabla 2. Principales enfermedades del aliso.....	19
Tabla 3. Incremento de la altura en los periodos del año.	29
Tabla 4. Incremento del diámetro basal en los periodos del año.....	30
Tabla 5. Incremento del volumen en los periodos del año.	31
Tabla 6. Incremento medio mensual de altura en los periodos del año.....	32
Tabla 7. Incremento medio mensual del diámetro en los periodos del año.....	33
Tabla 8. Comportamiento de la altura en diferentes relieves.	33
Tabla 9. Comportamiento del diámetro basal en los diferentes relieves.	34
Tabla 10. Comportamiento del volumen en los diferentes relieves.....	34
Tabla 11. Comportamiento del incremento medio mensual de la altura en los diferentes relieves.....	35
Tabla 12. Comportamiento del incremento medio mensual del diámetro basal en los diferentes relieves.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz de aliso.....	12
Figura 2. Hojas de aliso.....	13
Figura 3. A) flores femeninas; B) flores masculinas maduras	13
Figura 4. Estados del fruto. a). Fruto verde, interior blanco a marrón, no apto para recolección; b). Fruto verde-amarillento, interior marrón apto para recolección; c). Fruto maduro; d). Fruto sobre maduro no apto para recolección.	14
Figura 5. Semillas extraídas del fruto	14
Figura 6. Madera de aliso recién cortada	15
Figura 7: Diagrama Ombrotérmico Finca San Vicente	25
Figura 8: Altura en función de la edad.....	36
Figura 9: Diámetro basal en función de la edad.....	37
Figura 10: Volumen en función de la edad	37
Figura 11: Relación del diámetro basal y la altura.....	38
Figura 12: Comportamiento medio de la altura y diámetro basal en los relieves.....	39
Figura 13: Relación diámetro basal-volumen en los relieves	39
Figura 14: Relación altura-volumen en los relieves.....	40

RESUMEN

La presente investigación se la realizó en la finca San Vicente, propiedad del Ing. Hernán Benavides, ubicada en la parroquia El Carmelo, cantón Tulcán provincia del Carchi – Ecuador. La finca se encuentra situada a 2936 msnm, con una precipitación promedio de 1412,3 mm/año, y temperatura promedio de 12,6 °C (INAMHI, 2016 - 2017). El objetivo general fue evaluar el crecimiento del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) y su influencia en un sistema silvopastoril.

Para la selección de la muestra forestal se aplicó la metodología sugerida por Bonilla, (1971) que consiste en evaluar 50 árboles por hectárea. Obteniendo un total de 200 árboles en las 4 hectáreas del ensayo. Las observaciones del crecimiento se llevaron a cabo en arboles dispersos en toda el área y seleccionados de forma aleatoria. Lo importante de las investigaciones sobre estos sistemas es la influencia que tienen los arboles sobre los demás componentes.

Las variables evaluadas fueron: el crecimiento; de altura, diámetro basal, los incrementos medios mensuales de estas variables, y el incremento del volumen del árbol, la relación entre las variables y cómo la topografía influye en el desarrollo del árbol.

El mejor desarrollo de los árboles se ubicó en el relieve bajo ubicado a 2918 msnm y los 2931 msnm con medias finales de: altura 426,71 cm, diámetro basal 6,38 cm y volumen 7779,66 cm³; seguido el relieve alto alta entre los 2945 msnm y los 2960 msnm y finalmente el relieve medio entre los 2931 msnm y los 2945 msnm.

Transcurridos los 12 meses de evaluación del ensayo, los arboles de 17 meses de edad lograron alcanzar una altura media de 405,14 cm con un incremento de 247,63 cm, un diámetro basal medio de 6,21 cm con un incremento de 3,61 cm, y un volumen medio de 7041,12 cm³ con un incremento de 6569,4 cm³. Las figuras que relacionaron las variables con la edad proporcionan gráficos con líneas de tendencia, cuyas ecuaciones pueden usarse para predecir el crecimiento de los árboles, y cuyos resultados son bastante cercanos al 100 % de la realidad.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in San Vicente farm, property of Mr. Hernán Benavides, located in El Carmelo parish, Tulcán canton, and province of Carchi –Ecuador. The farm is situated at 2936 mamsl, with an average precipitation of 1412,3 mm/year, and average temperatures of 12,6 °C (INAMHI, 2016-2017). The general objective was to evaluate the growth of *Alnus Acuminata* (*Alnus Acuminata* H.B.K) and its influence on a silvopastoral system.

For the forest sample-selection, the methodology suggested by Bonilla, (1971) was applied; which consists of evaluate 50 trees per hectary, having a total of 200 trees in 4 hectary of essay. Growth observations were carried out on scattered trees all over the area and were selected randomly. The importance of the investigations about these systems is the influence trees have over the rest of components.

The evaluated variables were growth; of height, basal diameter, the median monthly increases of these variables, and volume of the forest specie, the existing relationship between these and how the topography influences the development of the tree.

The best development of the trees was achieved in the low relief between 2918 masl and 2931 masl with the final means of: height 426,71 cm, basal diameter 6,38 cm and volume 7779,66 cm³; followed by high relief between 2945 masl and 2960 masl and finally the middle relief between 2931 masl and 2945 masl.

After 12 months of trial evaluation, the trees from the system managed to reach a final mean height of 405,14 cm with an increase of 247,63 cm, a mean basal diameter of 6,21 cm with an increase of 3,61, and a volume mean of 7041,12 cm³ with an increase of 6569,4 cm³. The relationship between variables with age provided graph with trend lines, whose equations can be used to predict the growth of the trees, from which its results are quite close to 100 % of reality.

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye un sistema vital de gran importancia, bajo la consideración de que la mayor parte de la producción de alimentos de consumo humano requiere del suelo. La degradación acelerada e irreversible de este recurso, se ha considerado como uno de los mayores peligros para el futuro de la humanidad (Falcón, 2002). Los ecosistemas agropecuarios son sensibles ante la degradación ya que la productividad depende del estado de este, y todas las actividades relacionadas con remoción de suelo tienen un impacto en la producción, el medio ambiente y los paisajes. (Alonso, Torralba, Martín, & Abolafio, 2011).

La intensificación de la producción pecuaria ha llevado a graves problemas ambientales motivados por la concentración masiva de animales en espacios reducidos, rompiendo el equilibrio entre animales por área de suelo (Martín, 1993). Debido a esto es que se considera al ganado vacuno como uno de los causantes de los problemas ambientales del mundo como son; la desertificación, el uso y la contaminación del agua, el calentamiento global, entre otros (Quiroga, 2013). Durante los últimos años la expansión del sector ganadero en Latinoamérica ha causado grandes deforestaciones con daños incalculables (liberación de miles de millones de toneladas de bióxido de carbono en la atmósfera y causando la extinción de miles de especies todos los años) (FAO, 2006).

Pero el ganado puede ser manejado para obtener el efecto deseado aplicando técnicas de manejo ecológico aprovechando las bondades de algunas plantas (Quiroga, 2013), los sistemas silvopastoriles también conocidos como sistemas agroforestales pecuarios, permiten incorporar biodiversidad de especies de árboles, diversificando así la producción, los SSP son medios de producción ecológicos en los cuales las especies leñosas perennes interactúan con los componentes tradicionales bajo un sistema de manejo integral (Navas, 2016). Los principales componentes de estos sistemas son; el suelo, el pasto, los árboles y el ganado. La influencia que tiene un componente sobre otro es mayor cuando estos comparten un mismo espacio, una característica muy importante para la selección del árbol es que este sea una especie autóctona de la zona o que se adapten a las condiciones de suelo y clima de la finca (Toruño, Mena, & Guharay, 2015).

La parroquia El Carmelo provincia del Carchi-Ecuador, tiene una topografía montañosa con; relieves de serranía y cordillera con pendientes del 40 % o mayores (Cerón, 2015). Las principales actividades económicas de los pobladores son: la agricultura y la ganadería, las

cuales se realizan en suelos que anterior mente fueron bosques, los responsables de estas explotaciones son pequeños y medianos productores cuyo manejo no ha empleado técnicas de conservación ambiental acelerando el deterioro del suelo, por eso es de gran importancia la implementación de nuevas técnicas de producción ecología como son los sistemas agroforestales pecuarios, que ayudan a reducir los problemas de la contaminación ambiental, erosión, deforestación y el cambio climático.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cerón, (2015) menciona que la topografía de la parroquia El Carmelo provincia del Carchi posee un relieve de serranía y de cordillera con pendientes del 40 %o mayores, donde los pequeños agricultores llevan actividades agrícolas y ganaderas en suelos que anteriormente fueron bosques, sin realizar actividades de conservación acelerando los procesos erosivos y degeneración del suelo. Estos procesos de pérdida de fertilidad se han considerado como uno de los mayores peligros para el futuro de la humanidad (Falcón, 2002).

El ganado vacuno es considerado como uno de los causantes de problemas ambientales en el mundo; la desertificación, el uso y la contaminación del agua, el calentamiento global, entre otros (Quiroga, 2013). Durante los últimos años la expansión del sector ganadero en Latinoamérica ha causado grandes deforestaciones con daños incalculables (liberación de miles de millones de toneladas de bióxido de carbono en la atmósfera y causando la extinción de miles de especies todos los años) (FAO, 2006).

Los Andes Colombianos y Ecuatorianos ha soportado siglos la degradación de bosques (Bare & Ashton, 2016). Las cuales son el resultado de expansión del sector ganadero en Latinoamérica ha y esto ha causado daños incalculables, liberando miles de millones de toneladas de bióxido de carbono en la atmósfera y causando la extinción de miles de especies (FAO, 2006).

Las prácticas inadecuadas de manejo de praderas en sistemas de producción lechera en el trópico alto representan básicamente la ampliación de la frontera agropecuaria, la tala y quema de bosques, la contaminación de fuentes de agua entre otras, esto ha generado como resultado amplias zonas con escasa cobertura arbórea (Matta, et al, 2011).

El monocultivo, el uso de implementos inadecuados en la preparación de la tierra y la excesiva mecanización, han generado como resultado amplias zonas de suelos desprotegidos y pobres nutricionalmente (Matta, et al, 2011). Estos problemas son el resultado del desconocimiento de técnicas de manejo adecuadas o la mala aplicación por parte de los pequeños productores, que en su mayor parte justifican sus acciones en las frases “Así lo he venido haciendo siempre, apliquemos un poco mas por si acaso”, generando daños al ambiente e incrementando sus costos de producción.

La aplicación de técnicas como la agroecología no ha tenido los resultados esperados debido a un sinnúmero de factores en Latinoamérica, a pesar de los múltiples beneficios y servicios que ofrecen, los principales problemas que se han encontrado son: problemas de plagas y enfermedades, información técnica relativa a producción y calidad, investigaciones no orientadas, tiempo que tarda establecimiento de los árboles en los potreros, falta de educación agroforestal, financiamiento para las inversiones, semillas de calidad y mano de obra calificada y uno de los más importantes y difíciles de tratar las tradiciones de los productores y la creencia de que el pasto escasea debajo de los árboles (Clavero & Suárez, 2006).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Existe poca información sobre el desarrollo del árbol de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) y su influencia dentro de los sistemas silvopastoriles en la provincia del Carchi durante su fase inicial.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Veintimilla, (2017) menciona que los sistemas silvopastoriles son el los cuales se desarrollan, árboles y pasturas para la explotación animal, cuyo objetivo es incrementar la productividad de forma sostenible, además de alcanzar otros beneficios, además son una opción para revertir los procesos de degradación al aumentar la protección física del suelo y contribuyen a la recuperación de la fertilidad con la intervención de plantas que fijan el nitrógeno al suelo y de árboles de raíces pivotantes que aprovechan las capas profundas reciclando los nutrientes. Para (Alonso, 2011) estos sistemas constituyen una de las modalidades más prometedoras de los sistemas agroforestales.

Los árboles que se emplean en los sistemas agroforestales tienen diferentes propósitos como: fijador nitrógeno atmosférico, tener potencial forrajero, servir de abono verde, leña, pulpa, madera, sombra y cortinas rompe vientos, además de contribuir a mejorar la fertilidad del suelo (López & Molina, 2007). El árbol de aliso (*Alnus acuminata*) es una especie nativa de la región y además se encuentra ampliamente distribuida en América, en zonas de media y alta montaña, su raíz presenta una simbiosis con un actinomiceto del género *Frankia*, que son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico, además estos poseen un glicósido capaz de inhibir el crecimiento de hongos patógenos (Mesa, 2017).

Los sistemas silvopastoriles son técnicas de reforestación de zonas dedicadas a la explotación ganadera, la cual consiste en la incorporación de árboles o arbustos con características benéficas para la producción. Es un medio de protección y alimentación para el ganado y para los pastos, además de que generan microclimas favorables para el desarrollo de la vida en el suelo a niveles de micro y macro (flora y fauna), reducir los problemas de erosión, disminuir y eliminar el uso de fertilizantes sintéticos, racionar el alimento, reducir los efectos de estrés climático sobre los demás componentes del sistema, además de que el pasto es nutricionalmente de mejor calidad y pueden ser digeridos con mayor facilidad.

La presente investigación se justifica en los beneficios que presentan los sistemas silvopastoriles estos ayudan a promover una producción armoniosa entre los factores suelo, pasto, ganado, árboles y ambiente, de esta manera se tiene un ciclo en el que cada uno de los factores aporta al mejoramiento y mantenimiento de los demás. Evaluar el desarrollo del árbol en las condiciones climáticas adversas de la zona y la influencia que estos tendrán en el suelo luego de un año iniciado el trabajo.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el crecimiento del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) y su influencia 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 los árboles de aliso durante el primer año de establecimiento del sistema silvopastoril.

Determinar los incrementos medios anuales de altura y diámetro basal.

Determinar si existe una relación entre las variables diámetro basal, altura y volumen durante el periodo de evaluación.

Determinar si el relieve del terreno influye en el crecimiento de los árboles.

1.4.3. Preguntas de Investigación

¿Cómo es el crecimiento del árbol de aliso en el sistema durante el tiempo de evaluación?

¿Cómo se estimará el crecimiento del árbol de aliso?

¿Cómo se relacionan las variables de medición del aliso?

¿Qué efecto tiene el relieve en el crecimiento de los árboles?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Lamela, López, Sánchez, Díaz, & Valdés, (2009) en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes «Indio Hatuey» en España y la Empresa Genética de Matanzas en Cuba realizo un trabajo sobre “El efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas holstein” en el que menciona los sistemas silvopastoriles presentan una aceptable disponibilidad de materia seca tres toneladas por hectárea por rotación (3 t/ha/rotación) y que los animales pudieron mantener una condición corporal favorable para la producción de leche. Otro indicador fue que disminuyó favorablemente el porcentaje de vacas vacías. Además, que los terneros nacidos durante el periodo de evaluación tenían un peso aceptable para una producción cuya alimentación base fue de pastos y forrajes de mediana y buena calidad.

Ríos, (2006) en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Costa Rica realizo su trabajo sobre “El comportamiento hidrológico de sistemas de producción ganadera convencional y silvopastoril en la zona de recarga hídrica de la subcuenca del Río Jabonal, cuenca del Río Barranca, Costa Rica” y menciona que el sistema que presenta mayores valores de escorrentía son las pasturas nativas sobre pastoreadas (28 %); seguida por la pastura nativa con árboles (27 %); y finalmente pastura mejorada con árboles (15 %). Los umbrales de escorrentía fueron: 2,5 mm en las pasturas nativas sobre pastoreadas, 2,7 mm en la pastura nativa con árboles, 3,2 mm en las pasturas mejoradas con árboles. La capacidad de infiltración en las pasturas nativas sobre pastoreadas (0,07 cm h⁻¹) se presentó el valor más bajo respecto a las pasturas nativas con árboles (0,19 cm h⁻¹), a las pasturas mejoradas con árboles (0,23 cm h⁻¹). La humedad volumétrica del suelo a 15 cm de profundidad fue de 0,664 mm las pasturas nativas sobre pastoreadas, 0,73 mm en la pastura nativa con árboles, 0,70 mm en la pastura mejorada con árboles.

Mientras que en un trabajo realizado por Tucanés, (2011) en la Universidad Técnica Del Norte en Ecuador realizo un trabajo en el “Crecimiento inicial del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) asociado con haba, maíz con y sin fertilizante en la parroquia El Carmelo, provincia del Carchi” menciona que el aliso logro una altura promedio de 110,52 cm y un diámetro basal promedio de 15,76 mm, a los 6 meses de edad. Destacándose en altura el tratamiento de aliso con maíz con 115,88 cm; y en diámetro basal el tratamiento de aliso con maíz y

fertilizante con 16,22 mm. La influencia que tuvo el aliso en suelos sin fertilizaciones fue que los niveles de nutrientes se incrementaron, mejorando la calidad mineral de forma natural.

Ruiz, (2007) en la Universidad Técnica Del Norte en Ecuador realizo un trabajo en el sector de Aloburo, ubicado en las laderas del Lago Yahuarcocha cantón Ibarra el cual fue acerca del “Crecimiento inicial del aliso solo y asociado con alverja y frejol con y sin fertilización, en el cual trabajo con 4 tratamientos”, el periodo de evaluación duro 8 meses, en el cual se obtuvo como resultados que en el tratamiento 4 formado por Aliso, fréjol, arveja y fertilizante el árbol alcanzo una altura total de 137 cm con incrementos medio mensual de 7.5 cm/mes y un diámetro basal de 2,442 cm. con incrementos medio mensual de 0,22 cm/mes.

Rivadeneira, (2009) en la Universidad Técnica Del Norte en Ecuador realizo un trabajo sobre la “Evaluación del crecimiento de aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.), asociado con fréjol, y alfalfa con tres niveles de fertilización, (periodo 2008-2009), en la provincia de Imbabura”. El ensayo tuvo la duración de 1 año iniciando cuando el árbol tenía la edad de 16 meses. Los resultados obtenidos en la última medición se encontraron entre los 340 cm a 370 cm de altura, mientras que el diámetro basal fue de 54 mm a 57 mm, estos resultados fueron similares en todos los tratamientos.

Mier, (2008) en la Universidad Técnica Del Norte en Ecuador investigo el “Crecimiento inicial de tres especies forestales con y sin asocio con maíz *Zea Mayz* en el Colegio Fernando Chávez R. Otavalo – Ecuador” y menciona que el aliso sin asocio tuvo el mejor incremento en altura con 1,13 m y un diámetro basal de y 18,85 mm. el periodo de evaluación fue hasta que la cosecha del cultivo de maíz.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. ¿Qué es un sistema silvopastoril?

Sánchez, (2014) menciona que es un sistema de producción en el cual se asocian árboles y pastos que son utilizados para la alimentación del ganado. Los árboles empleados deben cumplir varios criterios como tener alto potencial forrajero y que su madera pueda ser aprovechada, además de pastos de alta calidad. Con el manejo adecuado de estos elementos la producción de forraje es mayor, pudiendo mantener más animales, y como resultado la

producción incrementa generando mayores beneficios. (Botero & Russo, 1998) mencionan que, por más de 90 años en zonas de altura con suelos volcánicos en Costa Rica, algunos ganaderos han sembrado aliso o jaul (*Alnus acuminata*) asociado en silvopasturas con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y con pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) entre otras gramíneas, y afirman que su producción de leche es mejor en pastos asociados con árboles que en pastos sin árboles.

El objetivo final es maximizar la producción, sin alterar las características propias del ecosistema, existen complejas interacciones entre los componentes de los SSP: árboles, arbustos, forrajes, animales, suelo y clima, por lo que resulta fundamental prestar especial atención a la conservación y regeneración de las especies. Los factores ambientales que son afectados al momento del ordenamiento, la luz, temperatura y humedad, tratados adecuadamente, tienen un efecto positivo sobre la producción del recurso, que se traduce en mejoras en la productividad del sistema en general: el manejo debe tender a obtener el máximo beneficio económico y social, sin deteriorar los recursos naturales (Deambrosi, Capozzolo, & Castro, 2013).

Estos sistemas promueven la conservación y recuperación de la biodiversidad, ayudando a mitigar los problemas del cambio climático como: la contaminación de la atmósfera por los gases de efecto invernadero, la deforestación, la aplicación de la frontera agrícola, entre otros. Reducir los problemas de degradación de suelo como: la erosión, pérdida de la capacidad productiva, contaminación cuencas hidrográficas. Promoviendo una producción armoniosa y ecológica.

2.2.2. ¿Qué especies de árboles fijadores de nitrógeno podemos usar en los SSP?

Menciona López & Molina, (2007) que existen alrededor de 650 especies arbóreas fijadoras de nitrógeno, la mayoría de las cuales son leguminosas que poseen nódulos infestados con *Rhizobium* (90 % de las *mimosáceas* y *fabáceas*, y 34 % de las *cesalpináceas*), pero existe al menos otras 9 familias de plantas que se asocian con actinomicetos del género *Frankia* y la mayoría de estas son arbustos o árboles pequeños que se pueden emplear en estos sistemas (*Betulaceae*, *Casuarinaceae*, *Coriariaceae*, *Cycadaceae*, *Elaeagnaceae*, *Myricaceae*, *Rhamnaceae*, *Rosaceae* y *Ulmaceae*), los árboles tienen que tener diferentes fines en el sistema como forraje, abono verde, leña, pulpa, madera, sombra y cortinas rompe vientos, además de contribuir a mejorar la fertilidad del suelo.

2.2.3. Tipos de sistemas silvopastoriles

Existen diferentes tipos de arreglos silvopastoriles que se pueden aplicar en el trópico alto entre los cuales tenemos.

2.2.3.1. Bancos de Proteína

Los bancos de proteína son áreas en las cuales los árboles y/o arbustos se cultivan en bloque y a alta densidad (mayores a 5000 plantas/ha). Generalmente se encuentran asociados con pastos o alguna otra especie forrajera de tipo herbáceo. El propósito es aumentar la producción de forraje para la alimentación animal, el cual debe ser de alta calidad nutritiva.

Los bancos utilizados bajo corte deben establecerse cerca de los sitios de alimentación para: reducir los costos de “corte y acarreo” y facilitar la fertilización orgánica. Los bancos usados bajo pastoreo deben establecerse en áreas adyacentes a potreros; incluso, pueden ser parte del potrero (20 – 25 % del área) (Ojeda, Restrepo, Villada, & Gallego, 2003).

2.2.3.2. Pasturas en callejón

Pastura en callejones es un sistema en el cual se establecen surcos o hileras de árboles y/o arbustos forrajeros de rápido crecimiento, en asocio con plantas herbáceas (pastos o leguminosas) entre las hileras. Su objetivo es proveer mayor producción de forraje para los animales, mejorar la calidad del suelo y reducir los procesos de erosión.

En este tipo de sistema; bajo el manejo de pastoreo/ ramoneo, se puede variar el arreglo espacial de varias formas: hilera simple baja densidad, hilera simple alta densidad, hilera doble e hilera alterna (Ojeda, Restrepo, Villada, & Gallego, 2003).

2.2.3.3. Árboles dispersos en el potrero

Es un sistema en el cual los árboles y/o arbustos se encuentran distribuidos al azar dentro de las áreas de pastoreo. Generalmente, la función de los árboles y/o arbustos en este sistema es la de proveer sombra al animal en días calurosos, o refugio en días lluviosos. Además; pueden generar otros productos (forraje, leña, frutos y semillas) y servicios (fijación de nitrógeno, aporte de materia orgánica, protección).

El arreglo espacial y la densidad de las leñosas estarán determinadas por las condiciones agroecológicas de la zona y por las especies de árboles, arbustos y pastos presentes en dicho

ecosistema. Se recomienda habitualmente entre 1 y 25 plantas leñosas por hectárea (Ojeda, Restrepo, Villada, & Gallego, 2003).

2.2.3.4. Pastoreo en plantaciones

En este tipo de sistema, herbáceas forrajeras (pastos y/o leguminosas) se encuentran asociadas con leñosas de alto valor económico; debido a que son árboles y/o arbustos destinados para la producción de leña, madera, frutas o semillas.

Este depende del tipo de árbol y/o arbusto y del propósito para el cual se establecen. Pueden sembrarse a alta o baja densidad; en triángulo, cuadrado o rectángulo (Ojeda, Restrepo, Villada, & Gallego, 2003).

2.2.3.5. Cercas vivas

Es una sola hilera de árboles y/o arbustos que delimitan una propiedad; pero también, pueden localizarse en diferentes partes como por ejemplo en la división de potreros en fincas ganaderas.

El espaciamiento es variable, pero existe la tendencia de establecer las plantas a una distancia entre 1 y 3 metros (Ojeda, Restrepo, Villada, & Gallego, 2003).

2.2.3.6. Barreras rompe vientos

Son hileras (1 a 10) de árboles, arbustos, o ambos de diferentes alturas y establecidos en sentido opuesto a la dirección principal del viento. Su función: reducir la velocidad del viento en la zona cercana al suelo, reducir la acción mecánica del viento sobre los cultivos (pastos) y animales, evitar la pérdida de fertilidad del suelo por causa de erosión eólica y contribuir a regular las condiciones de microclima a nivel de finca.

El diseño debe ajustarse a los objetivos; este diseño depende del cultivo (pastos), animal o elemento a proteger. También, se debe tener en cuenta las características de clima, suelo y topografía; definir las especies arbóreas o arbustivas; definir las distancias de siembra dentro de la barrera y entre barrera y cultivos (pastos); definir disposición entre hileras y orientación con respecto al viento y definir disposición y alternancia de especies (Ojeda, Restrepo, Villada, & Gallego, 2003).

2.2.5. ¿Porque el usar SSPi en el trópico de altura?

Según Montagnini, Somarriba, Murgueitio, Fassola, & Eibl, (2015) menciona que importantes zonas lecheras de en Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia se encuentran en los altiplanos y regiones montañosas, entre los 2000 y 3200 msnm, con temperaturas medias que pueden oscilar entre los 12 y 17 °C. Los sistemas silvícolas buscan una producción limpia, reduciendo el uso de insumos extra como fertilizantes y suplementos, la conservación de recursos ambientales, medios de protección al ganado y al pasto contra las heladas y las sequias, reducir costos en la producción, reducir los problemas metabólicos causados por alimentos concentrados. Debido a un incremento en la disponibilidad de pasto entre un 10 % y 15 %.

Lok & Fraga, (2011) mencionan que existe un incremento de la estabilidad estructural del suelo y hay una mejora de los valores de Nitrógeno presentes en el suelo, además el comportamiento de los organismos vegetales (fitomasa) subterráneos mejora, demostrando el progreso de la fertilidad del suelo, y así manteniendo una estabilidad ecológica productiva.

Pueden emplearse árboles nativos en los SSPi en regiones de montañas ecuatoriales. El más conocido e importante es el aliso o cerezo, *Alnus acuminata* H.B.K., de la familia *Betulaceae*. Tiene un sistema radical amplio, con nódulos fijadores de nitrógeno formados gracias a la simbiosis con hongos actinomicetos del género *Frankia*. El nitrógeno fijado fertiliza el suelo y las plantas acompañantes. Esta simbiosis es la razón por la cual este árbol se destaca en el mejoramiento de suelos erosionados y en la recuperación de praderas degradadas.

2.2.6. EL ÁRBOL DE ALISO (*Alnus acuminata*):

Bare & Ashton, (2016) menciona que en los Andes Colombianos y Ecuatorianos una de las especies nativas comunes más cultivada es el aliso (*Alnus acuminata*).

2.2.6.1. Clasificación taxonómica:

Matta, et al, (2011) lo clasifican de la siguiente manera:

- **Reino:** Plantae
- **Subreino:** Tracheobionta
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Subclase:** Hamamelididae
- **Orden:** Fagales
- **Familia:** Betulaceae
- **Género:** *Alnus*
- **Especie:** *acuminata*

2.2.6.1.1. Subespecies y sinónimos

Para *Alnus acuminata* se reconocen tres subespecies:

- *Alnus acuminata ssp. Acuminata*, nativa y confinada a América del sur, con hojas elípticas, pubescentes y borde cerrado.
- *Alnus acuminata ssp. Arguta (Schlecht.) furlow*: México y América Central, con hojas ovaladas y bordes doblemente acarreados.
- *Alnus acuminata ssp. Glabrata (fern.) furlow*: del centro y el sur de México con hojas estrechamente ovaladas, glabras y borde doblemente aserrado. (Matta, et al, 2011)

2.2.6.2. Generalidades de la especie

Según Restrepo y Bellefleur, (1996) citado por Penagos, et al, (2005) mencionan que el aliso es una especie ampliamente distribuida en América, principalmente, en zonas de media y alta montaña, desde México hasta el norte de Argentina, esta especie se desarrolla preferiblemente en suelos de origen volcánico, y en zonas de alta pendiente y planicies. En Colombia se conocen dos variedades: la variedad *Ferruginea*, que crece en la Cordillera Oriental con alturas de hasta 15 metros, posee un tronco torcido, y es abundante cerca de corrientes de agua y es utilizado habitualmente como árbol ornamental. La otra es una variedad de aliso aún no determinada, y se ubica en la Cordillera Central, es la más utilizada en los programas de reforestación en el país. Y se caracteriza por tener arboles de tronco

recto, ser de rápido crecimiento, pero poca ramificación, y puede alcanzar 40 m de altura y 60 cm de diámetro.

2.2.6.3. Morfología del árbol

Penagos, et al, (2005) mencionan que es una especie de vida media, de altura variable comúnmente de hasta de 30 m y un diámetro de 50 cm, y excepcionalmente puede llegar a los 40 m de altura y 60 cm de diámetro. Tiene un tronco recto, con aletones poco desarrollados, y posee una forma cónica cuando crece sin competencia. La corteza es de color grisáceo, a veces plateado, con lenticelas amarillentas, ovales y circulares dispuestas horizontalmente a lo largo del fuste. La copa es irregular y generalmente es angosta. El aliso posee un sistema radical superficial y extendido.

2.2.6.3.1. La raíz

Penagos, et al, (2005) mencionan que presenta nódulos, como consecuencia de la simbiosis con un actinomiceto del género *Frankia*, posiblemente la especie *alnii*, que son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Los nódulos forman en la raíz grupos hasta de 6 cm de diámetro y se ubican principalmente en los primeros cinco centímetros del suelo. Los nódulos poseen componentes químicos como un glicósido de color amarillo rojizo que es capaz de inhibir el crecimiento de hongos patógenos.



Figura 1. Raíz de aliso
Fuente: (Penagos, et al, 2005)

2.2.6.3.2. Las Hojas

Penagos, et al, (2005) mencionan que son simples, alternas, acuminadas, de forma elíptica u ovoide, de 8 a 15 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho, con bordes dentados irregularmente, el haz es de color verde oscuro y algo brillante y el envés verde claro a grisáceo, y frecuentemente con pelos de color ocre o rojizo. Por ser una especie caducifolia, pierde las hojas antes de la floración.



Figura 2. Hojas de aliso
Fuente: (Penagos, et al, 2005)

2.2.6.3.3. Las flores

Penagos, et al, (2005) menciona que poseen flores unisexuales, dispuestas en inflorescencias llamadas amentos, las flores masculinas se encuentran en amentos terminales en forma de espiga y son de color verde-amarillento de 5 a 12 cm de largo, y caen enteras después de la floración; las flores femeninas se encuentran dispuestas en amentos cortos (en forma de piña) de 2 cm de largo, de color verde y erecto. En la misma rama se encuentran flores de ambos sexos.



Figura 3. A) flores femeninas; B) flores masculinas maduras
Fuente: (Penagos, et al, 2005)

2.2.6.3.4. Los frutos

Penagos, et al, (2005) mencionan que están dispuestos en infrutescencias llamadas estróbilos, con forma de conos o piñas pequeñas, ovoides, de color verdoso a amarillento en estado inmaduro y marrón al madurar, con 1,5 a 3 cm de largo, escamas leñosas, algo aladas y persistentes donde se alojan las semillas. Un árbol adulto puede producir de 6000 a 10000 frutos, cada una con 80 a 100 semillas.



Figura 4. Estados del fruto. a). Fruto verde, interior blanco a marrón, no apto para recolección; b). Fruto verde-amarillento, interior marrón apto para recolección; c). Fruto maduro; d). Fruto sobre maduro no apto para recolección.

Fuente: (Penagos, et al, 2005)

2.2.6.3.5. La Semilla

Penagos, et al, (2005) menciona que son de carácter elíptico, plano, de color marrón claro brillante, de 0,65 a 1,34 mm de largo, con dos alas angostas y pequeñas, el peso de la semilla es variable y algunos autores indican que su variación se relaciona con la latitud de la región de procedencia, encontrándose entre 1'400000 y 4'400000 semillas viables por kilogramo.



Figura 5. Semillas extraídas del fruto

Fuente: (Penagos, et al, 2005)

2.2.6.3.6. La madera

Penagos, et al, (2005) mencinan que la madera recién cortada es de color anaranjado pálido, y posteriormente adquiere un tono de castaño a rojizo claro. Es suave y liviana, con una

densidad básica que fluctúa entre 0,3 g/cm³ en edades tempranas, hasta 0,4 g/cm³ después de los 30 años.

No existe una diferencia notoria entre las capas de madera del tronco media (albura) y central (duramen). La madera no posee sabor y emana un suave olor; es de textura fina y uniforme, moderadamente blanda, seca rápido, y no se deforma ni se raja fácilmente.



Figura 6. Madera de aliso recién cortada
Fuente: (Penagos, et al, 2005)

2.2.6.4. Requerimientos ambientales

Es una especie característica de los “bosques de niebla”, exigente en luz (heliófita) y marcadamente pionera. Debe protegerse de los vientos ya que por su rápido crecimiento el fuste es frágil y puede partirse. Puede plantarse incluso en sitios de alta pendiente, con altitudes entre 1600 y 3200 msnm; se adapta bien a condiciones climáticas con rangos de precipitación promedio anual entre 1000 y 3200mm/año, temperatura media anual de 4 a 18 °C; tolera temperaturas bajas de hasta -2 °C y temperaturas máximas de 27 °C, las heladas ocasionales y aun, nevadas esporádicas; es muy sensible a las sequías en sus primeras etapas de desarrollo, pero mejora su tolerancia una vez establecida. (Matta, et al, 2011).

2.2.6.5. Requerimientos edáficos

El aliso se adapta bien a una gran variedad de condiciones edáficas, incluyendo suelos pobres, que pueden variar desde cascajosos y arenosos hasta arcillosos, y aun en suelos superficiales, siempre y cuando tengan buena humedad. No tolera suelos pesados, suelos pantanosos, con drenajes imperfectos ni, que se inunden en forma parcial.

En general, la especie se adapta mejor a los suelos ácidos, con pH de 4,5 a 6,0. Aunque algunos autores consideran que el mejor desarrollo se obtiene en suelos con pH mayor a 5,0;

suelos profundos, bien drenados, que sean francos o franco-arenosos y ricos en materia orgánica, de origen aluvial o derivados de cenizas volcánicas, al igual que sobre capas arenosas con cenizas volcánicas.

De igual manera, este árbol se adapta a condiciones de bajos contenido de materia orgánica, suelo rocosos, arenosos, pedregosos y superficiales o con problemas ligeros de inestabilidad por la erosión, lo que le faculta para colonizar suelos degradados; pero bajo estas condiciones la planta no tiene un buen desarrollo (Matta, et al, 2011).).

2.2.6.5.1. Preparación del terreno

El sitio definitivo para la plantación debe prepararse con anticipación, eliminando las arvenses agresivas y limpiando adecuadamente (Matta, et al, 2011).

2.2.6.5.2. Trazado y ahoyado

La plantación debe seguir el sentido de las curvas a nivel, en formas de cuadro, cada tres metros, haciendo hoyos de 30 x 30 x 25 cm. Cuando el lote ha sido destinado a pastoreo es necesario hacer un hoyo de mayor profundidad de 40 a 50 cm, con repique en el fondo. (Matta, et al, 2011).

2.2.6.5.3. Densidad de siembra

Matta, et al, (2011) mencionan que la densidad inicial de siembra debe ser de 1111 árboles por hectárea (3 x 3 m) en cuadro, aunque otros autores recomiendan emplear densidades de 650 árboles por hectárea, puesto que el rápido crecimiento del aliso permite lograr una ocupación del terreno en poco tiempo, sin tener que hacer una entresaca temprana, esta práctica no es recomendable debido a que los trabajos de investigación realizados por Cenicafé han mostrado que una baja densidad inicial afecta significativamente la forma de los árboles y favorece las pérdidas por fracturas de fustes ocasionadas por el viento.

2.2.6.5.4. Limpias

Matta, et al, (2011) aclaran que para garantizar el normal desarrollo de la plántula debe mantenerse el plato libre de arvenses agresivas, removiéndolas con cuidado para evitar el maltrato de las raíces del árbol. El aliso es muy susceptible a la falta de luz y su crecimiento se ve afectado por la competencia del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en las etapas

iniciales del crecimiento del árbol; cuando ya se encuentra establecido, el kikuyo es muy buen pasto en un sistema silvopastoril.

2.2.6.5.5. Fertilización

Matta, et al, (2011) acuerdan que el aliso no es exigente en suelos, sin embargo, la ausencia de algunos elementos menores como molibdeno y cobalto, afectan notoriamente el desarrollo. Cuando la reforestación se realiza en terrenos sobre pastoreados durante mucho tiempo, se requiere realizar al momento de la siembra un aporte de materia orgánica bien descompuesta en dosis de 0,5-1,0 kg/árbol, directamente al fondo del hoyo.

2.2.6.5.6. Podas

Matta, et al, (2011) mencionan que los árboles naturalmente eliminan las ramas delgadas y livianas, lo que reduce la necesidad de realizar esta actividad.

2.2.6.6. Plagas y enfermedades del árbol de aliso

Tabla 1. Principales plagas del aliso.

Nombre común	Nombre científico, orden y familia	Daño producido	Manejo
Barrenador del aliso	<i>Corthylus n. sp.</i> <i>Coleoptera</i> <i>Scolytidae</i>	Perforación del tronco	Captura mediante trampas con alcohol.
Barrenador del aliso	<i>Scolytodes alni</i> <i>Coleóptero</i> <i>Scolytidae</i>	Perforación del tronco	Eliminación de los individuos afectados.
Comedor de follaje	<i>Chalcophana sp.</i> <i>Coleoptera</i> <i>Chrysomelidae</i>	Perforaciones circulares entre las nervaduras principales	Control biológico con el parasitoide <i>Enoggera reticulata</i>
Cucarroncito verde	<i>Diabrotica sp.</i> <i>Coleoptera</i> <i>Chrysomelidae</i>	Daño en el cuello de la raíz, volcamiento y muerte.	Aplicación de insecticidas de contacto.
Tortuguita verde	<i>Nodonota sp.</i> <i>Coleoptera</i> <i>Chrysomelidae</i>	Perforaciones circulares en el follaje. Amarillamiento general	Aplicación de insecticidas de contacto.
Frailecito	<i>Macroductylus sp.</i> <i>Coleoptera</i> <i>Melolonthidae</i>	Esqueletizadores de las yemas terminales y las hojas nuevas.	Aplicación de insecticidas de contacto.
Defoliador del aliso	<i>Oxydia olivata</i> <i>Lepidóptera</i> <i>Geometridae</i>	Defoliación total del árbol.	Captura mediante trampas de luz blanco o ultravioleta.

Fuente: Matta, et al, (2011)

Tabla 2. Principales enfermedades del aliso.

Nombre científico	Asociado al ataque de	Daño producido
<i>Fusarium solani</i>		Manchas de color café rojizo
<i>Fusarium sp.</i>	<i>Corthylus n. sp.</i>	Chancros
<i>Ceratocystis sp.</i>		Marchitamiento
<i>Melampsorium alni</i>		Manchas dispersas en la lámina foliar
<i>Phomopsis sp.</i>		Quema pardo-negrucza principalmente en hojas jóvenes y yemas apicales.

Fuente: Matta, et al, (2011)

2.2.6.7. Crecimiento

Matta, et al, (2011) menciona que el crecimiento de una especie arbórea varía de un sitio a otro, dependiendo de factores como el clima (precipitación, humedad relativa y temperatura), el suelo (pH, textura, materia orgánica y disponibilidad de nutrientes) y tipo de plantación.

2.2.7. El aliso en el Ecuador

Tapia, (2012) nos menciona que es uno de los árboles más importantes del Ecuador y está distribuido a lo largo de toda la sierra desde el Carchi hasta Loja, y en las estribaciones de las cordilleras oriental y occidental, esta especie mejora el suelo fijando nitrógeno del aire y aporta materia orgánica por descomposición de las hojas, se han obtenido muy buenos resultados con plantaciones silvopastoriles, y se ha demostrado que el pasto asociado con el aliso tiene 5 % más proteínas que el que crece sin asociado a pleno sol. Además de que por Bautista & Terán, (2000) menciona que las técnicas de plantación de aliso en suelos laderos no influyen de forma directa en el desarrollo del árbol de aliso.

2.2.8. Características especiales del aliso

Ruiz, (2007) menciona que en los andes los campesinos distinguen dos clases de aliso, el blanco y el rojo, estos poseen características diferentes en su crecimiento.

2.2.7.2. Aliso Blanco

Posee un tronco recto con ramificaciones delgadas que le dan una forma abierta a la copa, las ramas y rebrotes presentan yemas hinchadas o pequeños nudos en la corteza.

2.2.7.2. Aliso Rojo

Es un árbol de un tamaño pequeño, posee una copa densa, su madera es ligeramente rosada y posee yemas preformadas o no.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La presente investigación es de carácter cualitativo; porque revela cuáles son las características de la investigación y de carácter cuantitativo; ya que los datos obtenidos son en cantidades numéricas.

El trabajo se realizó en la finca San Vicente propiedad del ingeniero Hernán Benavides ubicada en la parroquia El Carmelo provincia del Carchi. La propiedad se encuentra ubicada a 2936 msnm, un pH en el suelo de 5,54 moderadamente ácido, una precipitación promedio de 1412,3 mm/año, y con temperaturas promedio de 12,6 °C (INAMHI, 2016 - 2017).

Se evaluó el crecimiento mensual del aliso (*Alnus acuminata H.B.K.*) en diferentes relieves en un sistema silvopastoril. El sistema fue implantado por el Ing. Hernán Benavides en el mes de diciembre del 2015 como parte de la investigación que realiza sobre la silvicultura. El periodo de evaluación comenzó cuando el árbol tenía seis meses de edad, en el mes de junio del 2016 hasta el mes de mayo del 2017, teniendo 12 mediciones, las observaciones se realizaron en tres variables, altura total, diámetro basal y volumen. Evaluadas en tres relieves: bajo entre los 2918 msnm y los 2931 msnm, medio entre 2931 msnm y los 2945 msnm, y alto entre los 2945 msnm y los 2960 msnm.

3.1.2. Tipo de Investigación

Este trabajo posee tres tipos de investigación correlacional, explicativo y experimental.

3.1.2.1. Correlacional

Para conocer el grado de asociación existente entre las variables.

3.1.2.2. Explicativa

Para brindar una definición de porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se genera.

3.1.2.3. Experimental

Porque se utiliza procedimientos al azar para la selección y asignación de sujetos y tratamiento.

3.2. HIPÓTESIS

3.2.1. Hipótesis afirmativa

El crecimiento mensual del aliso difiere en los periodos del año y hay influencia del relieve sobre el desarrollo de este.

3.2.2. Hipótesis Nula

El crecimiento mensual del aliso no difiere en los periodos del año y no hay influencia del relieve sobre el desarrollo de este.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Hipótesis	Variable	Definición conceptual de la variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
El crecimiento mensual del aliso difiere en los periodos del año y hay influencia del relieve sobre el desarrollo de este.	Sistema silvopastoril ubicado en la parroquia El Carmelo provincia del Carchi	Sabrina, Esteban, & Esteban, (2013) menciona que un sistema silvopastoril (SSP) es el uso de la tierra y tecnologías en que plantas leñosas (árboles, arbustos) perennes son asociadas con plantas herbáceas (cultivos, pasturas) y animales en las que hay interacciones ecológicas y económicas.	Clima	Se utilizo los promedios mensuales de: Temperatura (°C) y precipitación (mm) de los datos registrados en las Libretas del INAMHI de la estación meteorológica Rancheros del Norte	Observación de datos secundarios	Estación meteorológica
			Relieve	Se empleo un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) al inicio del ensayo, para determinar los diferentes Zonas de evaluación (msnm)	Observación de datos secundarios	GPS
	Evaluación del crecimiento de aliso (<i>Alnus acuminata</i>) y su influencia	Galeano, Rada, & Pérez, (2012) mencionan que es una especie forestal leñosa nativa que; gracias a su rápido crecimiento, a su simbiosis con actinomicetos fijadores de nitrógeno, y a las ventajas ecológicas, tiene un enorme potencial, para ser empleado en los sistemas	Crecimiento	Altura (cm) Se midió con cinta métrica desde la base del árbol hasta la yema apical, se realizó cada 30 días y un total de 12 repeticiones	Observación, sistemática regulada o controlada	Cinta métrica y libreta de campo
				Volumen (cm ³) Se lo estimo empleando la formula $V=(\pi/4) * ((d^2 * h) * 0,546$ se realizó cada 30 días y un total de 12 repeticiones	Observación, sistemática regulada o controlada	Libreta de campo

		agroforestales como silvopastoriles		Diámetro basal (cm) Se midió con calibrador pie de rey a 20 cm de altura de la base del árbol, se la realizo cada 30 días y un total de 12 repeticiones	Observación, sistemática regulada o controlada	Calibrador pie de rey y libreta de campo
				Incremento medio mensual de altura (cm/mes) Se la calculo dividiendo la altura del árbol para su edad en meses, se la realizo cada 30 días y un total de 12 repeticiones	Observación, sistemática regulada o controlada	Libreta de campo
				Incremento medio mensual de diámetro (cm/edad) Se la calculo dividiendo el diámetro basal del árbol para su edad en meses, se la realizo cada 30 días y un total de 12 repeticiones	Observación, sistemática regulada o controlada	Libreta de campo

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Determinación de las temperaturas y precipitaciones mensuales

Se empleó los datos registrados en las libretas del INAMHI del periodo junio del 2016 hasta mayo del 2017, de la Estación Meteorología Rancheros del Norte. Obteniendo como resultados una precipitación media de 1412,3 mm/año, y una temperatura promedio de 12,6 °C con un máximo de 14,2 °C en el mes de mayo y un mínimo de 10,8 °C en el mes de agosto (INAMHI, 2016 - 2017).

Para una mejor claridad se presenta un Diagrama Ombrotérmico que nos permite representar los elementos climáticos en forma de gráficos, cuáles son sus características y cómo evolucionan a lo largo en el tiempo (Yeste, 2011).

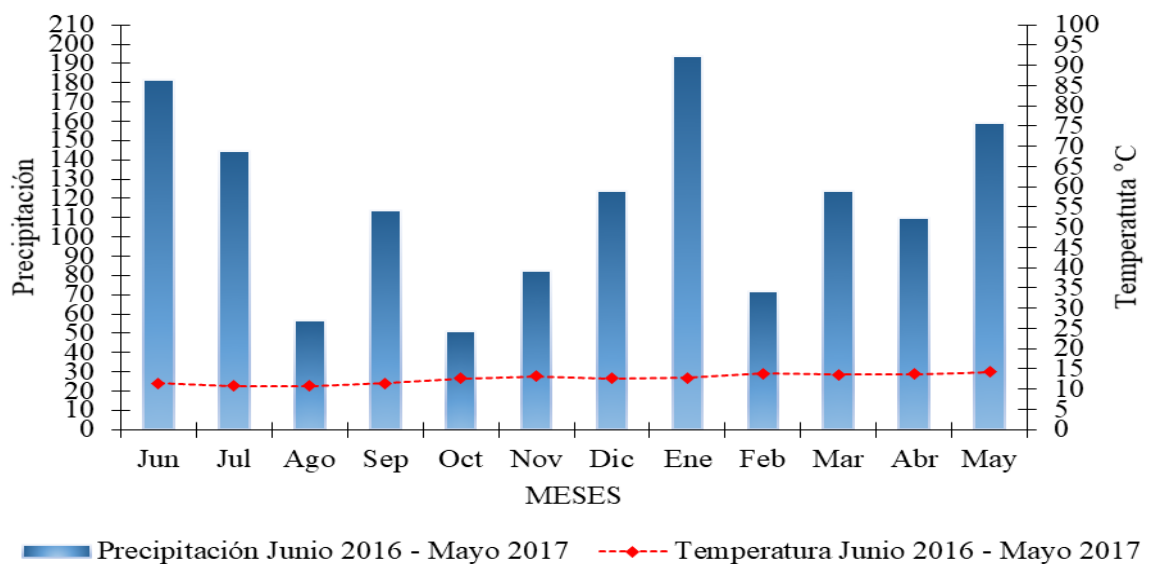


Figura 7: Diagrama Ombrotérmico Finca San Vicente

De acuerdo con el diagrama Ombrotérmico (Figura 7) se determinó que no existió la presencia de meses ecológicamente secos, debido a la constante presencia de precipitación (lluvia) con valores siempre superiores a los de la temperatura.

3.4.2. Determinación de la muestra en los diferentes relieves

La evaluación en diferentes relieves se debe a la topografía irregular del sistema silvopastoril, estos fueron determinados al inicio del experimento con un GPS, y se los denominó como: **zona baja** entre los 2918 y los 2931 msnm, **zona media** entre 2931 y los

2945 msnm, y **zona alta** entre los 2945 y los 2960 msnm, con el propósito de evaluar el efecto de la topografía en el crecimiento de los árboles. La determinación de la muestra se realizó según la metodología sugerida por (Bonilla, 1971) quien menciona varios modelos que se pueden utilizar para seleccionar el número de árboles para evaluar, se puede emplear: 2,2 árboles por 800 m², 100 árboles gruesos por hectárea, 5 a 7 árboles por los 1000 m², de 1 a 5 árboles por 800 m², 3 a 5 árboles por parcelas de entre 400 m² y 800 m², 50 árboles por hectárea. De las cuales se empleó la de 50 árboles por hectárea teniendo un total de 200 árboles ya que se trabajan 4 hectáreas.

La muestra fue distribuida de forma aleatoria en toda el área del ensayo, y a los arboles seleccionados se les realizó una limpieza y un señalamiento con la finalidad de facilitar la identificación de la planta y la observación de las variables. La limpieza de los árboles se efectuó en un radio de 40 cm, el señalamiento de los arboles se realizó con pintura de color blanco en el tallo y una estaca de color rojo junto a ellos, las estacas tenían una longitud de 35 cm y se la enterró hasta que tuvieran una altura de 20 cm sobre el suelo para las observaciones del diámetro basal.

3.4.3. Medición de altura, diámetro basal y volumen

3.4.3.1. Medición Altura

Según Cancino, (2006) la altura es la longitud de la línea recta que va desde el suelo hasta algún punto en el árbol. Esta observación se realizó en la altura total del árbol, la cual se efectúa desde el suelo hasta el extremo de la yema terminal. Y puede ser medida con cintas métricas o varas telescópicas graduadas, este método es aplicable cuando los árboles poseen una altura inferior a los 15 m.

La técnica aplicada fue el uso de cinta métrica y varas telescópicas graduadas, ya que los arboles no superaban los 2 m de altura.

3.4.3.2. Medición diámetro basal

Esta variable se midió en la parte superior de la estaca y se realizó con precisión milimétrica fraccionada, empleando un calibrador pie de rey.

3.4.3.3. Medición de volumen

Para la obtención de esta variable se empleó el modelo propuesto por Penagos, et al, (2005) el cual consiste en emplear la fórmula para calcular el volumen de un cilindro afectada por el factor forma o coeficiente mórfico del árbol el que en caso de aliso es de 0,546.

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

V= volumen

d= diámetro basal

h= altura

3.4.4. Calculo de los Incrementos medio mensual (IMM)

Corresponde a la diferencia que existe entre el tamaño total acumulado y la edad.

3.4.4.5. Calculo de los Incrementos medio mensual (IMMh)

$$IMMh = h/edad$$

h= altura

3.4.4.6. Calculo de los Incrementos medio mensual (IMMd)

$$IMMd = d/edad$$

d= diámetro basal

3.4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó ANOVA para evaluar 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. En el análisis de correlación se llevó a cabo la asociación grafica de las variables de estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

El periodo de evaluación duró 12 meses desde el mes de junio del 2016 con árboles de 6 meses de edad hasta el mes de mayo del 2017 con árboles de 17 meses edad. Cabe aclarar que la muestra inicial fue de 200 árboles, pero se terminó con 178. La diferencia en el tamaño de la muestra se debe al severo daño que sufrieron algunos árboles a causa del ganado y las condiciones climáticas. Esto impidió continuar con las observaciones correspondientes.

4.1.1. Resultados obtenidos en la evaluación de la altura promedio de las plantas por periodos del año (mes a mes)

Esta variable presentó diferencias estadísticas significativas, durante el periodo de evaluación, lo que conlleva a interpretar que las condiciones climáticas y las características del sitio afectan el crecimiento del árbol de aliso.

La altura presentó una media final de 405,14 cm con un incremento medio de 247,64 cm durante el periodo de evaluación. Se obtuvo un total de diez rangos diferentes de significancia. En algunos meses no presentaron diferencia significativa y se agruparon varios meses en un mismo rango cómo fue en los casos de junio y julio; julio y agosto; agosto y septiembre; septiembre y octubre; y por último noviembre y diciembre. Pero desde el mes de enero hasta el final de la medición cada mes presenta un rango diferente de significancia, demostrando que los incrementos cada vez fueron siendo mayores a los anteriores (Tabla 3).

Tabla 3 Incremento de la altura en los periodos del año.

P.A.	Rango		Media	E. Estándar	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo				
Jun	110,00	256,00	157,50	2,33252	19,76	a
Jul	119,00	284,00	170,15	2,59544	20,35	ab
Ags	126,00	297,00	188,31	2,96168	20,98	bc
Sep	131,00	316,00	200,56	2,97179	19,77	cd
Oct	140,00	339,00	212,54	2,92814	18,38	d
Nov	195,00	467,00	252,51	3,42255	18,08	e
Dic	205,00	488,00	268,03	3,82972	19,06	e
Ene	221,00	494,00	290,03	4,67314	21,50	f
Feb	231,00	533,00	324,09	4,86442	20,03	g
Mar	237,00	576,00	352,01	5,21677	19,77	h
Abr	256,00	605,00	377,50	5,38127	19,02	i
May	274,00	642,00	405,14	5,55459	18,29	j

El diámetro basal de los arboles tuvo una media final de 6,21 cm y un incremento medio total de 3,61 cm durante el periodo de evaluación. Se obtuvo un total de nueve rangos diferentes de significancia. En algunos meses no presentaron diferencia significativa y se agruparon varios meses en un mismo rango como fue en los casos de agosto y septiembre; noviembre y diciembre; diciembre y enero; y por último los meses de febrero y marzo. Desde mes de abril hasta el final de la medición se presenta un rango diferente de significancia por mes, demostrando que los incrementos cada vez fueron siendo mayores a los anteriores (Tabla 4).

Tabla 4 Incremento del diámetro basal en los periodos del año.

P.A.	Rango		Media	E. Estándar	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo				
Jun	2,00	3,82	2,60	0,02299	11,80	a
Jul	1,93	4,32	2,98	0,02637	11,81	b
Ags	2,05	4,92	3,41	0,03729	14,59	c
Sep	2,65	5,04	3,53	0,03664	13,85	c
Oct	3,02	6,06	4,00	0,04930	16,44	d
Nov	4,20	8,88	4,88	0,03925	10,73	e
Dic	4,39	8,92	5,08	0,04014	10,54	ef
Ene	4,50	9,06	5,28	0,04612	11,65	f
Feb	4,61	9,21	5,52	0,05267	12,73	g
Mar	4,81	9,31	5,70	0,05581	13,06	g
Abr	5,05	9,40	5,93	0,05921	13,32	h
May	5,26	9,51	6,21	0,06454	13,87	i

El volumen final medio fue de 7041,12 cm³ con un incremento final medio total de 6569,4 cm³ durante el periodo de evaluación. Se obtuvo un total de nueve rangos diferentes de significancia. En algunos meses no presentaron diferencia significativa y se agruparon varios meses en un mismo rango, en un inicio de tres meses como fue en los casos de junio, julio y agosto; julio, agosto y septiembre; agosto, septiembre y octubre. Luego agrupándose de dos fue en los casos de noviembre y diciembre; por último, diciembre y enero. Desde el mes de febrero hasta el final de la medición se presentan rangos diferentes por mes, demostrando que los incrementos cada vez fueron mayores a los anteriores (Tabla 5).

Tabla 5 Incremento del volumen en los periodos del año.

P.A.	Rango		Media	E. Estándar	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo				
Jun	219,95	1200,58	471,72	14,29297	40,42	a
Jul	293,94	1787,80	673,28	20,96826	41,55	ab
Ags	396,82	3020,69	985,11	35,18480	47,65	abc
Sep	449,91	3344,12	1120,39	37,96058	45,20	bc
Oct	645,33	5149,62	1537,36	56,29709	48,86	c
Nov	1641,90	10482,63	2650,85	81,92787	41,23	d
Dic	1851,22	11362,04	3047,94	96,41248	42,20	de
Ene	2111,98	13180,41	3620,07	132,07727	48,68	e
Feb	2399,88	16436,20	4430,75	162,92202	49,06	f
Mar	2643,45	19565,23	5148,33	189,08519	49,00	g
Abr	3002,80	22006,81	5983,41	215,92592	48,15	h
May	3250,91	24898,81	7041,12	252,71100	47,88	i

El incremento medio mensual final en altura fue de 23,83 cm/mes. Se obtuvo un total de cuatro rangos diferentes de significancia. Los meses que no se presentaron diferencia significativa se agruparon en un mismo rango como fue en los casos de octubre, septiembre, enero y diciembre; septiembre, enero, diciembre, noviembre, febrero, marzo, agosto, abril y mayo; y por último los meses de noviembre, febrero, marzo, agosto, abril, mayo y julio. El mayor incremento se presentó en el mes de junio con 26,25 cm/mes cuando los arboles tenían seis meses de edad, este comportamiento fue gracias a que este mes presento condiciones climáticas favorables para el desarrollo de esta variable (Tabla 6).

Tabla 6 Incremento medio mensual de altura en los periodos del año.

P.A.	Rango		Media	E. Estándar	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo				
Oct	14,00	33,90	21,25	0,29281	18,38	a
Sep	14,56	35,11	22,29	0,33018	19,76	ab
Ene	17,00	38,00	22,31	0,35949	21,50	ab
Dic	17,08	40,67	22,34	0,31913	19,06	ab
Nov	17,73	42,45	22,96	0,31111	18,08	bc
Feb	16,50	38,07	23,15	0,34748	20,03	bc
Mar	15,80	38,40	23,47	0,34777	19,77	bc
Ags	15,75	37,13	23,54	0,37018	20,98	bc
Abr	16,00	37,81	23,60	0,33633	19,01	bc
May	16,12	37,76	23,83	0,32672	18,29	bc
Jul	17,00	40,57	24,31	0,37079	20,35	c
Jun	18,33	42,67	26,25	0,38875	19,76	d

El mejor incremento medio mensual se presentó en el mes de noviembre gracias a que este mes presento condiciones climáticas favorables para el desarrollo de esta variable, y el incremento medio mensual final del diámetro basal fue de 0,37 cm/mes. Se obtuvo un total de seis rangos diferentes de significancia. Los meses que no se presentaron diferencia significativa se agruparon en un mismo rango como fue en los casos de mayo, abril y marzo; marzo, septiembre y febrero; septiembre, febrero, octubre y enero; diciembre, agosto, julio y junio; y por último julio, junio y noviembre (Tabla 7).

Tabla 7 Incremento medio mensual del diámetro en los periodos del año.

P.A.	Rango		Media	E. Estándar	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo				
May	0,31	0,56	0,37	0,00378	13,64	a
Abr	0,32	0,59	0,37	0,00373	13,44	a
Mar	0,32	0,62	0,38	0,00372	13,05	ab
Sep	0,29	0,56	0,39	0,00410	14,02	bc
Feb	0,33	0,66	0,39	0,00380	12,99	bc
Oct	0,30	0,61	0,40	0,00494	16,47	c
Ene	0,35	0,70	0,41	0,00356	11,58	cd
Dic	0,37	0,74	0,42	0,00333	10,59	de
Ags	0,26	0,62	0,43	0,00463	14,37	e
Jul	0,28	0,62	0,43	0,00375	11,64	ef
Jun	0,33	0,64	0,43	0,00384	11,91	ef
Nov	0,38	0,81	0,44	0,00359	10,88	f

4.1.2. Resultados obtenidos en la evaluación por relieve

Si se presenta diferencias significativas, y la altura presentó un mejor desarrollo en el relieve bajo de 2918 y los 2930 msnm, esto se debe a que esta zona es plana, los nutrientes no son arrastrados, más bien al ser una zona baja hay la acumulación de nutrientes por la escorrentía en las laderas, seguida por la zona alta y al final la media (Tabla 8).

Tabla 8 Comportamiento de la altura en diferentes relieves.

Rel.	Rango		Media	E. Estándar	N	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo					
Medio	112,00	613,00	260,25	3,70369	684	37,22	a
Alto	115,00	558,00	265,90	3,30055	708	33,03	ab
Bajo	110,00	642,00	272,90	3,82408	744	38,22	b

El diámetro basal no presentó diferencias significativas en ninguno de los distintos relieves, pero tuvo un mejor desarrollo en el relieve bajo entre los 2918 y los 2930, esto gracias a que

la zona presenta mejores condiciones tanto climáticas como de suelo, seguida por la zona media y luego la alta (Tabla 9).

Tabla 9 Comportamiento del diámetro basal en los diferentes relieves.

Rel.	Rango		Media	E. Estándar	N	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo					
Alto	2,00	9,51	4,56	0,04842	708	28,25	a
Medio	2,01	9,37	4,57	0,05161	684	29,51	a
Bajo	1,93	9,51	4,64	0,04947	744	29,08	a

El volumen no presenta diferencias significativas en los relieves, pero de igual manera que las otras variables, esta presentó un mejor desarrollo en el relieve bajo de 2918 y 2930 msnm, seguido por la zona media y finalmente la zona alta (Tabla 10).

Tabla 10 Comportamiento del volumen en los diferentes relieves.

Rel.	Rango		Media	E. Estándar	N	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo					
Alto	244,97	18228,10	2939,77	94,11407	684	85,18	a
Medio	219,95	22665,13	3001,73	105,95461	708	92,32	a
Bajo	222,12	24898,81	3225,67	109,14174	744	92,29	a

El incremento medio mensual de la altura si presento dos niveles diferentes de significancia, y su mejor desarrollo se logró en la zona baja, seguidas por la zona alta y finalmente la zona media (Tabla 11).

Tabla 11 Comportamiento del incremento medio mensual de la altura en los diferentes relieves.

Rel.	Rango		Media	E. Estándar	N	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo					
Medio	1,93	9,51	22,67	0,17050	684	20,27	a
Alto	1,93	9,51	23,41	0,17568	708	19,38	ab
Bajo	1,93	9,51	23,71	0,18119	744	20,85	b

El incremento medio mensual del diámetro basal no presentó diferencias significativas en la evaluación por relieves, pero tuvo un mejor desarrollo en el relieve bajo, seguido por la zona alta y finalmente la zona media (Tabla 12).

Tabla 12 Comportamiento del incremento medio mensual del diámetro basal en los diferentes relieves.

Rel.	Rango		Media	E. Estándar	N	C.V. %	Prueba de medias de Tukey
	Mínimo	Máximo					
Medio	0,30	0,61	0,40	0,00216	684	14,27	a
Alto	0,31	0,81	0,40	0,00216	708	14,00	a
Bajo	0,26	0,64	0,41	0,00216	744	14,39	a

El mejor desarrollo de los arboles a pesar de que algunas variables no presentan diferencias significativas el mejor desarrollo se logró en las zonas de relieve bajo entre los 2918 y los 1931 msnm., seguido por la zona alta y la zona media. Este resultado se debe a que en las partes bajas hay acumulación de nutrientes por el efecto de la lixiviación de las laderas además de que existe una mejor estabilidad térmica que favorece el desarrollo de las plantas.

4.1.3. Resultados de las interacciones de las variables en los periodos del año

Para la elaboración de las figuras se emplearon los valores medios de las observaciones.

Las figuras 8, 9 y 10 muestra como es el incremento de las variables en los doce meses de evaluación, y las variaciones que estas sufren por el efecto de las condiciones climáticas sobre el desarrollo del árbol, haciendo que este sea mayor o menor.

El comportamiento de la altura con respecto a la edad (Figura 8) nos muestra que la altura presenta una curva cóncava hacia arriba, y una línea de tendencia cuya función sirve para predecir el incremento con unos resultados cercanos 100 % de realidad, cabe destacar que el árbol posee una edad de 17 meses y aun puede llegar alcanzar los 30 m, por lo cual no es recomendable depender siempre de la formula.

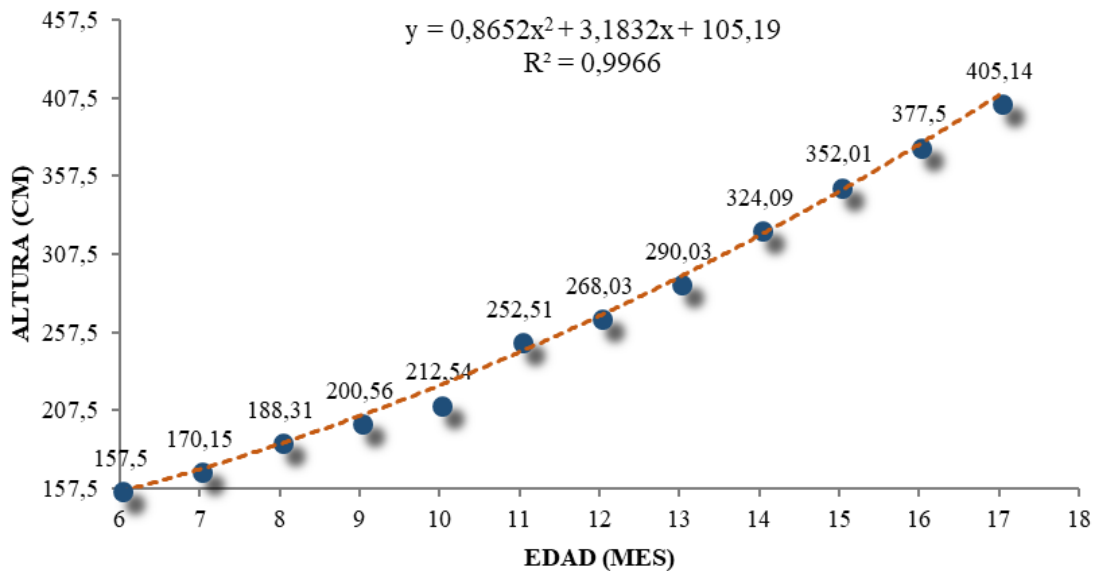


Figura 8: Altura en función de la edad

El diámetro en función de la edad (Figura 9) el diámetro basal presenta una curva cóncava hacia abajo, y su línea de tendencia posee una función en la cual los resultados son de un 98 % cercanos a los reales, no es recomendable depender de la formula ya que el árbol puede llegar a un diámetro basal de 50 cm.

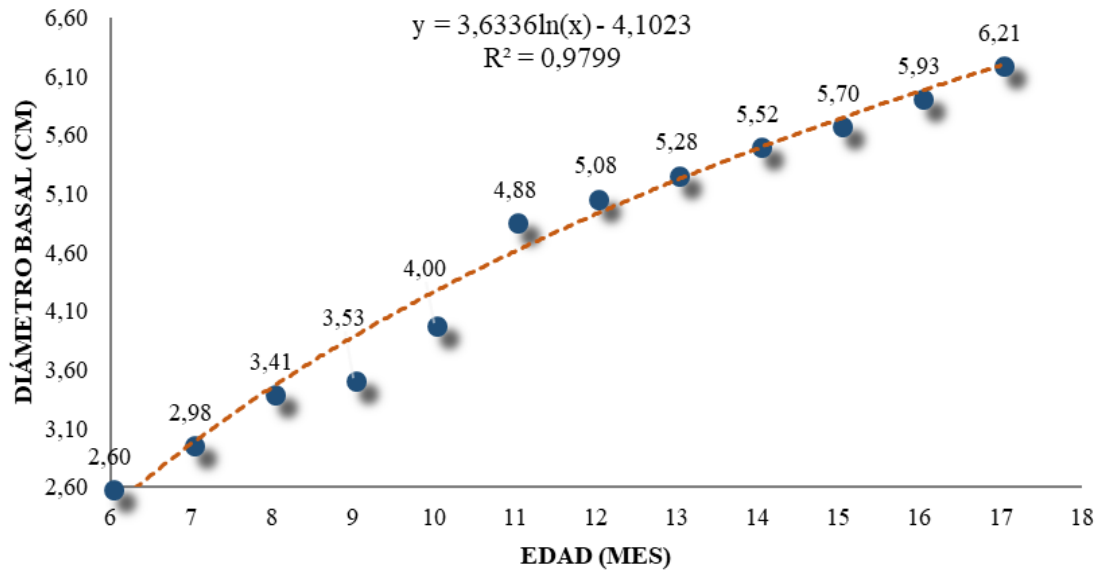


Figura 9: Diámetro basal en función de la edad.

El volumen en función de la edad (Figura 10) esta variable presenta una línea cóncava hacia arriba, y posee una línea de tendencia cuya función arroja resultados casi del 100 % reales, pero no es recomendable el depender de la formula, ya que el árbol aún no ha terminado de crecer.

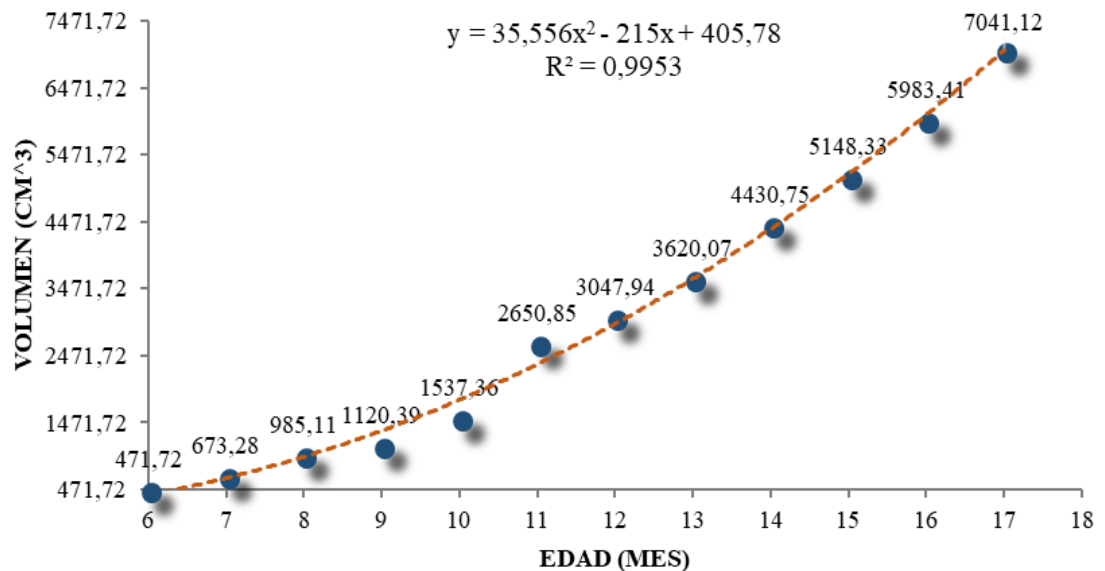


Figura 10: Volumen en función de la edad

La relación entre diámetro basal y la altura (Figura 11) la curva de esta relación es cóncava hacia arriba nos muestra que entre mayor sea el incremento del diámetro basal mayor puede

ser la altura que puede alcanzar el árbol. los resultados obtenidos mediante la fórmula de predicción pueden sr muy cercanos a los reales con casi un 100 %.

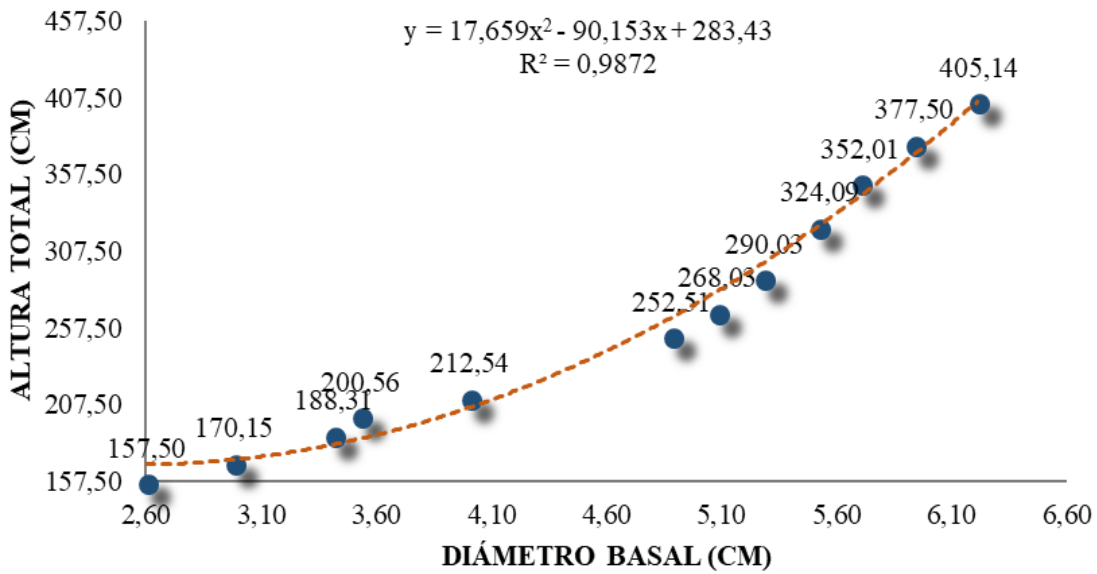


Figura 11: Relación del diámetro basal y la altura

4.1.4. Resultados de las interacciones de las variables en los diferentes relieves

El comportamiento de la altura y el diámetro basal en el relieve (Figura 12) muestra que las variables tienen diferentes comportamientos en los relieves, en la zona media hay una armonía entre el desarrollo de las variables, pero presentan los valores más pequeños. En la región alta se presenta que la altura tiene mayor desarrollo que el diámetro basal, esto genera tallos largos pero delgados. El mejor desarrollo se observa en la zona baja ya que los árboles presentan altura y diámetros superiores teniendo como resultado árboles grandes y resistentes.

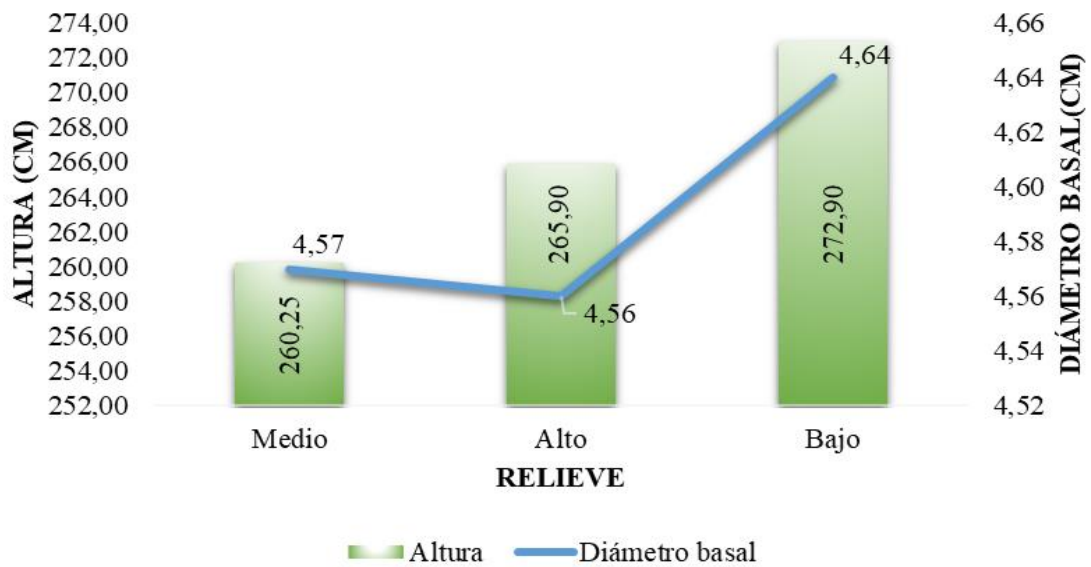


Figura 12: Comportamiento medio de la altura y diámetro basal en los relieves

La relación de diámetro basal y volumen en el relieve (Figura 13) muestra que en la zona alta hay problemas de tallos delgados con volúmenes altos esto puede generar problemas ya que los árboles tienen problemas para soportar las corrientes de viento. La región media presenta un diámetro basal mayor, pero arboles con poco volumen. La mejor zona fue la baja que presenta volúmenes y diámetros muy superiores, teniendo árboles frondosos con troncos resistentes.

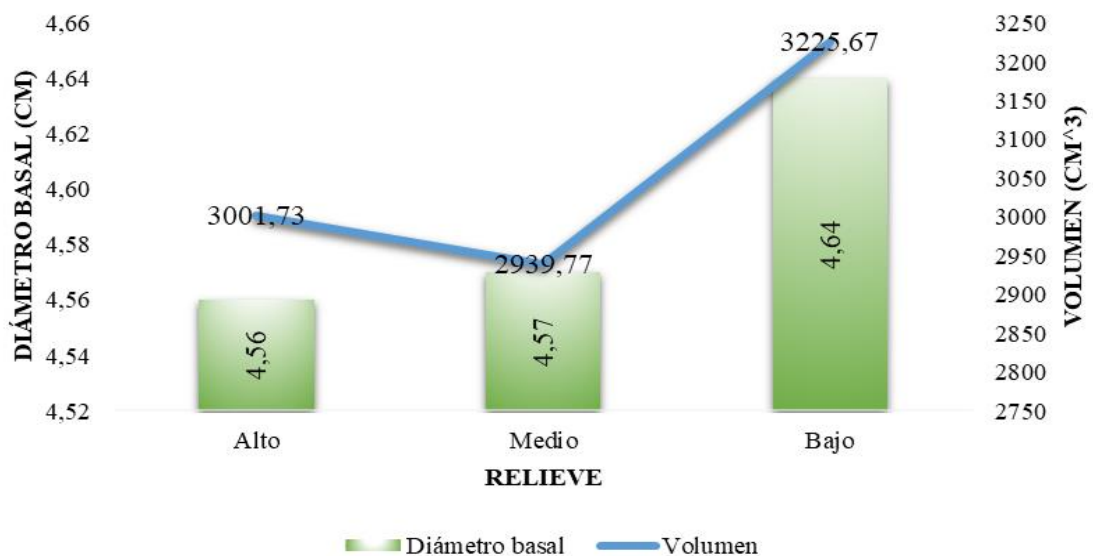


Figura 13: Relación diámetro basal-volumen en los relieves

La relación de altura y volumen en los relieves (Figura 14) muestra la relación que existe entre la altura y el volumen de un árbol. Entre mayor altura mayor volumen este criterio se cumple en la zona media y baja mientras que en la zona alta los arboles presentan un volumen inferior en relación con la altura.

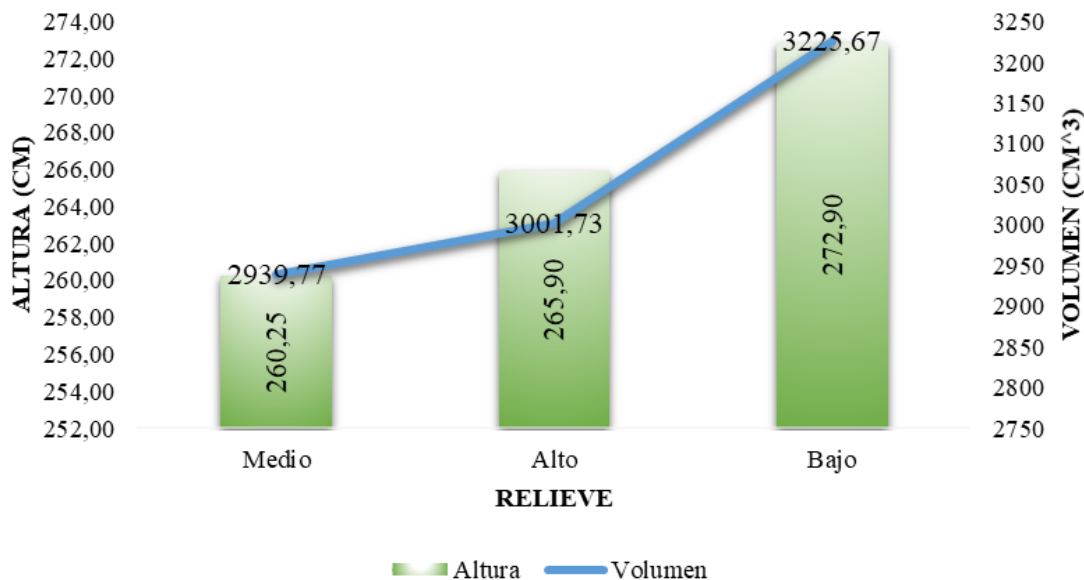


Figura 14: Relación altura-volumen en los relieves

4.2. DISCUSIÓN

A los 6 meses de edad los datos obtenidos en la finca San Vicente en la parroquia El Carmelo fueron una altura media de 157,50 cm y un diámetro basal medio de 2,60 cm, Los cuales fueron superiores en un 40 % a los que obtuvo (Mier, 2008) en Otavalo los cuales fueron una altura de 113 cm, y un diámetro basal de 1,89 cm. También siendo superiores con un 50 % a los de (Tucanés, 2011) en el sector la Florida parroquia El Carmelo con 110,52 cm, de altura media y diámetro basal medio de 1,58 cm, demostrando que los árboles en la finca San Vicente se obtuvo un mejor desarrollo de los árboles, gracias a su calidad de suelo y a sus condiciones climáticas.

A los 8 meses de edad en la finca san Vicente se obtuvo una altura de 188,31 cm con un incremento medio mensual de 23,54 cm/mes y un diámetro basal de 3,41 cm con un incremento medio mensual de 0,43 cm/mes. En el sector Aloburo ubicada en el cantón Ibarra arboles con esa misma edad (Ruiz, 2007) obtuvo una altura de 137 cm con incrementos

medio mensual de 7,5 cm/mes y un diámetro basal de 2,44 cm. con incrementos medio mensual de 0,22 cm/mes, de igual manera se demuestra que en la finca San Vicente se presenta mejor desarrollo del árbol, con valores de 40 % superiores.

El trabajo realizado en la parroquia el Sagrario canto Ibarra por (Rivadeneira, 2009) con árboles de 28 meses de edad tuvo como resultado una altura de 340 cm a 370 cm y un diámetro basal de 5,4 cm a 5,7 cm. Sin embargo, en la finca San Vicente se obtuvo a los 18 meses se obtuvo un resultado del 10 % mayor, altura de 405,14 cm con un incremento medio de 23,83 cm/mes y un diámetro de 6,21 cm con un incremento medio de 0,37 cm/año, las diferencias de suelo y de clima afectad directamente el desarrollo del árbol.

Como se ha demostrado en las comparaciones con diferentes trabajos, la finca San Vicente presenta condiciones en las cuales los arboles alcanzan un rápido desarrollo, el cual favorece a la instalación de los sistemas silvopastoriles.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

El mejor desarrollo de los árboles se ubicó en el relieve bajo ubicado a 2918 msnm y los 2931 msnm con medias finales de: altura 426,71 cm, diámetro basal 6,38 cm y volumen 777966 cm³; seguido el relieve alto alta entre los 2945 msnm y los 2960 msnm y finalmente el relieve medio entre los 2931 msnm y los 2945 msnm.

De los resultados obtenidos durante los 12 meses de investigación se pudo concluir que:

La altura alcanzo una media final de 405,14 cm con un incremento en el tiempo de evaluación de 247,64 cm, un diámetro basal de 6,21 cm con un incremento de 3,61 cm y un volumen de 7041,12 cm³ con un incremento de 6569,4 cm³.

El incremento final medio anual de la altura fue de 23,83 cm/mes y el incremento final medio de diámetro basal fue de 0,37 cm/mes.

Las variaciones climáticas de temperatura y precipitación tienen un efecto directo en el desarrollo del árbol

El volumen del aliso puede ser estimado mediante una función que relaciona la altura del árbol y su diámetro basal.

La altura, el volumen, y diámetro basal se pueden estimar mediante una función que relaciona cada una de estas variables con la edad.

5.2. RECOMENDACIONES

Continuar evaluando el crecimiento y la influencia de este en el suelo, los pastos, y producción del ganado.

No depender de las funciones obtenidas de las líneas de tendencias, ya que el incremento de las variables puede variar según sea el clima y la edad del árbol.

Implementar más sistemas en diferentes relieves topográficos para evaluar el crecimiento de los árboles.

Asociar el cultivo de aliso con otro tipo de producción agrícola o pecuaria para evaluar su efecto e interacción.

Efectuar podas para mejorar la calidad del fuste del aliso y controlar el efecto sombra sobre el pasto y el ganado.

Fortalecer la vinculación con la comunidad para promover el uso de sistemas de producción amigables con el ambiente.

Se sugiere la implantación de aliso en los terrenos para mejorar la calidad de los pastos y mejorar la fertilidad de estos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 107-114.
- Bare, M., & Ashton, M. (2016). Growth of native tree species planted in montane reforestation projects in the Colombian and Ecuadorian Andes differs among site and species. *New Forests*, 333–355.
- Bautista, E., & Terán, M. (2000). *Crecimiento inicial de Aliso (Alnus acuminata H.B.K) y Casuarina (Casuarina equisetifolia L ex JR & G Forst) utilizando tres técnicas de plantación en suelos de ladera Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Bonilla, J. (1971). La influencia del suelo y el clima en el crecimiento de los árboles en las regiones templadas. *Revista Scientia Forestalis*, 79-92.
- Botero, R., & Russo, R. (1999). Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. En FAO, *Agroforestería para la producción animal en América Latina* (págs. 171-176). Roma: FAO.
- Cancino, J. (2006). *Dendrometría Básica*. Concepción: Universidad de Concepción.
- Cerón, A. (2015). *Evaluación del efecto de actividades agropecuarias sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en El Carmelo, Carchi*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Clavero, T., & Suárez, J. (2006). Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Revista Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"*, 1-6.

- Deambrosi, A., Capozzolo, M., & Castro, C. (2012). ¿Es posible producir carne y madera, y al mismo tiempo lograr sustentabilidad social,. *Revista Voces y Ecos*, 28-29. Obtenido de Sistemas silvopastoriles.
- Domingo, M. (1993). La ganadería ecológica una posible alternativa. *Mundo Ganadero*, 36.
- Falcón, R. (2002). *Degradación del Suelo: causas, procesos, evaluación e investigación*. Mérida: Talleres Gráficos del CIDIAT.
- FAO. (2006). *Política Pecuarias 03 Ganadería y Deforestación* . Roma: FAO.
- Galeano, P., Rada, A., & Pérez, D. (2012). *repository.unilibre.edu.co*. Obtenido de Siembra forestal recuperación paisajística y revegetalización en agregados el vinculo Ltda. Soacha -Cundinamarca:
<http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11300/Art.%20final%20semillero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INAMHI. (2016 - 2017). *Estación Meteorológica Ranjeros del Norte*. El Carmelo.
- Lamela, L., López, O., Sánchez, T., Díaz, M., & Valdés, R. (2009). *scielo.sld.cu*. Obtenido de Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200006
- Lok, S., & Fraga, S. (2011). Comportamiento de indicadores del suelo y del pastizal en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala/Cynodon nlemfuensis* con ganado vacuno en desarrollo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 195-196.
- Luccerini, S., Subovsky, E., & Borodowski, E. (2013). *www.agro.uba.ar*. Obtenido de Sistemas Silvopastoriles: una alternativa productiva para nuestro país.: http://www.agro.uba.ar/apuntes/no_8/sistemas.htm

- Matta, L., Saavedra, G., Campos, P., Salcedo, T., Triana, J., Peralta, A., . . . Escovar, L. (Abril de 2009). *El aliso (alnus acuminata h.b.k.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto Colombiano*. Colombia: Produmedios.
- Mendiburu, F. (s.f.). *tarwi.lamolina.edu.pe*. Obtenido de Análisis de Regresión y Correlación: <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/index-filer/academic/metodos1/Regresion.pdf>
- Mesa, C. (2017). *Incremento de las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno en suelos degradados a través de la siembra de aliso (Alnus acuminata)*. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Mier, M. (2008). *Crecimiento inicial de tres especies forestales con y sin asocio con maíz Zea Mayz en el Colegio Fernando Chávez R. Otavalo – Ecuador*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H., & Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Cali: CIPAV.
- Naranjo, J., Cuarta, C., Murgueitio, E., Chará, J., & Barahona, R. (2012). <http://www.lrrd.org>. Obtenido de Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia: [http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm#Livestock%20Research%20for%20Rural%20Development%2024%20\(8\)%202012](http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm#Livestock%20Research%20for%20Rural%20Development%2024%20(8)%202012)
- Navas, A. (2016). *Sistemas silvopastoriles*. Bogota: Tropenbos Internacional Colombia & Fondo Patrimonio Natural.
- Ojeda, P., Restrepo, J., Villada, D., & Gallego, J. (2003). *Sistemas Silvopastoriles, Una Opción para el Manejo Sustentable de la Ganadería*. Santiago de Cali: FIDAR.

- Penagos, C., Restrepo, R., Delgado, D., Bautista, J., Valencia, F., Castaño, J., & Ortega, J. (2005). *El Aliso o Cerezo Alnus acuminata H.B.K. ssp. acuminata*. Colombia: Blanecolor. Obtenido de El aliso o Cerezo.
- Quiroga, A. (2013). *Impacto de la explotación ganadera*. Catamarca: Universidad Nacional de Catamarca.
- Ríos, J. (2006). *Comportamiento hidrológico de sistemas de producción ganadera convencional y silvopastoril en la zona de recarga hídrica de la subcuenca del Río Jabonal, cuenca del Río Barranca, Costa Rica*. Costa Rica: CATIE.
- Rivadeneira, Y. (2009). *Evaluación del crecimiento de aliso (alnus acuminata H.B.K.), asociado con fréjol, y alfalfa con tres niveles de fertilización, (periodo 2008-2009), en la provincia de Imbabur*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Ruiz, S. (2007). *Evaluación del crecimiento inicial de aliso (alnus acuminata h.b.k) en plantación sola y asociado con fréjol (phaseolus vulgaris), arveja (pisum sativum l.) con y sin fertilizante, provincia de Imbabura*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Sánchez, B. (2014). <http://www.cinah.org>. Obtenido de Sistemas Silvopastoriles en Honduras: http://www.cinah.org/wp-content/uploads/2014/10/Manual_sistemas_silvopastoriles.pdf
- Saturnino, A., Torralba, M., Martín, F., & Abolafio, F. (2011). *Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Tapia, D. (2012). *Propagación vegetativa del aliso (Alnus acuminata H.B.K.) utilizando dos tipos de sustrato en la parroquia La Esperanza*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte .

- Toruño, I., Mena, M., & Guharay, F. (2015). *Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles*. Nicaragua: Complejo Gráfico TMC.
- Tucanés, V. (2011). *Crecimiento inicial del aliso (alnus acuminata hbk) asociado con haba, maíz con y sin fertilizante en la parroquia El Carmelo, provincia del Carchi*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Varas, J., & Alvarado, J. (2013). *www.researchgate.net*. Obtenido de Análisis del crecimiento de alnus acuminata (aliso) en bosque natural y plantado en la margen izquierda del valle del Mantaro a través de técnicas dendrocronológicas: https://www.researchgate.net/publication/283421948_analisis_del_crecimiento_de_alnus_acuminata_aliso_en_bosque_natural_y_plantado_en_la_margen_izquierda_d_el_valle_del_mantaro_a_traves_de_tecnicas_dendrocronologicas
- Veintimilla, H. (2017). *Diseño e implementación de un sistema silvopastoril en el centro nacional de mejoramiento genético caprino, granja Azúcar*. Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Yeste, J. (2011). La representación gráfica del clima. Un estudio sobre ciudades andaluzas. *Claseshistoria*, 1-6.

VII. ANEXOS

Anexo 1

Árboles de aliso de 6 meses de edad



Anexo 2

Selección, identificación y limpieza de los árboles.



Anexo 3

Árboles de aliso de 12 meses de edad



Anexo 4

Arboles 18 meses de edad

