

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

En la zona de Intag con el aumento de la demanda de productos pecuarios para atender a las necesidades de la población siempre creciente, la crianza de animales tuvo que incrementarse cada vez más. Las pasturas desplazaron los bosques, práctica que inicialmente era común realizarlas con el objetivo de abrir nuevas áreas para la producción agrícola. El aumento de la producción pecuaria ha sido más en función de su expansión en área que del incremento en la productividad.

Los impactos ambientales y socioeconómicos provocados por la sustitución de extensas áreas de bosque por pasturas de gramíneas han sido objeto de constante preocupación.

Por tal razón los productores pecuarios en la zona de Intag han mostrado interés en introducir sistemas de producción, con miras a no sólo atender a las nuevas exigencias de la sociedad, como también a aumentar su rentabilidad.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) presentan la posibilidad de asociar en una misma área el cultivo arbóreo con pastos. El componente arbóreo puede producir madera, forraje, frutos, otros productos industriales y servicios ambientales (conservación del suelo, ciclaje de nutrientes, sombra).

#### **1.1 Problema**

En el país, grandes superficies de bosques están siendo talados, entre otros motivos para aumentar la frontera agrícola y de pastizales para la crianza de ganado de carne y leche. Este modelo convencional de uso de la tierra es considerado como poco sustentable desde el punto de vista económico y ecológico.

Esta situación se observa en la zona de Intag, donde se realizó esta investigación. El principal problema de los pastizales como elemento de uso de la tierra en las parroquias de Selva Alegre y Cuellaje, es sin dudas un proceso que apunta a su degradación. Las pasturas se degradan en pocos años debido a problemas relacionados a la fertilidad del suelo, plagas, enfermedades, mal manejo del pastizal y fuertes pendientes que caracterizan a la zona de Intag.

## **1.2 Justificación**

Los sistemas silvopastoriles se convierten en una de las alternativas a la degradación de los pastizales, los cuales son apropiados para mejorar las condiciones ambientales proporcionadas por los árboles a la producción animal. No obstante, los fundamentos básicos que sustentan los beneficios de los árboles en estos sistemas necesitan ser detectados claramente en las condiciones de Cuellaje y Selva Alegre. El éxito de los sistemas dependerá del equilibrio en las interacciones entre sus principales componentes (suelo, árbol, pastura y animal). Este modelo de sistema contribuirá a generar información básica que sustente el uso óptimo de los sistemas silvopastoriles.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar el comportamiento de especies arbóreas y gramíneas integrando un sistema silvopastoril.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ✎ Determinar la sobrevivencia y crecimiento en altura, diámetro basal y diámetro de copa del aliso y cedro tropical.
- ✎ Determinar la productividad primaria de los pastos brachiaria y pasto miel.
- ✎ Determinar la cantidad de nitrógeno incorporado al suelo por las especies forestales en el sistema.
- ✎ Determinar costos de establecimiento y mantenimiento del sistema silvopastoril en el primer año.

## **1.4 Hipótesis**

**Ho:** Existe un mayor aporte de forraje producto de la interacción de este sistema sin que se detecte diferencias en crecimiento en las dos especies a investigar.

**Hi:** Por lo menos una de las especies forestales presenta un mayor crecimiento.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 Sistemas silvopastoriles

##### 2.1.1 Concepto

Young (1989), menciona que son sistemas de uso de la tierra donde las leñosas de aptitud forestal crecen en asociación con hierbas de valor forrajero y animales (domésticos y/o silvestres), en un arreglo espacial y temporal, con múltiples interacciones ecológicas y económicas entre los componentes del sistema.

Produciendo así una serie de interacciones que condicionan la productividad de cada componente y del conjunto.

Los objetivos de incorporar el componente arbóreo o arbustivo en sistemas ganaderos pueden ser múltiples y diversos, en algunos casos puede ser el incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, en otros reducir el riesgo a través de la diversificación de salidas del sistema (frutas, madera) o reducir los efectos perjudiciales del estrés climático sobre las plantas y los animales.

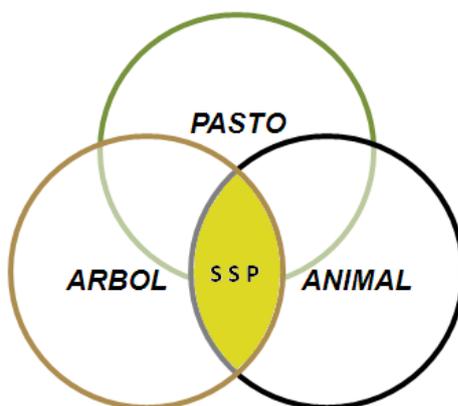


Figura 1. Componentes de un SSP

##### 2.1.2 Interacciones biofísicas en los sistemas silvopastoriles

Pezo y Ibrahim (1999), mencionan que un manejo exitoso de los sistemas silvopastoriles podrá alcanzarse si se logra introducir o conservar especies arbóreas (leguminosas o maderables) que ayuden a mantener el equilibrio en estos

sistemas y que fomenten el reciclaje de nutrientes ya que los árboles contribuyen al mejoramiento de la fertilidad del suelo y a la producción estable de las pasturas. Para establecer un buen sistema silvopastoril (garantizar el éxito de la producción del sistema) es necesario determinar las especies apropiadas tanto de árboles como de pastos a introducir. La magnitud de las interacciones entre las leñosas perennes y las pasturas depende de:

- 1) La disponibilidad de agua, luz y nutrientes del sistema (características del sitio).
- 2) Las necesidades específicas y las características morfológicas de los componentes.
- 3) Densidad de plantas, su arreglo espacial y el manejo que se da, tanto a los árboles y pastos como a los animales.

Hernández y Sánchez (1998) explican que en los sistemas silvopastoriles los árboles y arbustos juegan un papel importante debido a que proporcionan sombra, alimentos ricos en proteínas y minerales para los animales y porque podrían mejorar el reciclaje de nutrientes, la estructura física y biológica de los suelos, evidenciando un incremento de la productividad y el valor nutritivo de muchas especies de pastos.

El fomento de un reciclaje de nutrientes más eficiente en sistemas silvopastoriles sería un mecanismo eficaz para prevenir una pérdida rápida del potencial productivo del pasto. La literatura reporta que el aporte de nutrientes es proporcional a la cantidad de biomasa aérea producida y que puede verse afectado por la capacidad de retención de las hojas que posee la planta (Pezo y Ibrahim, 1999).

### **2.1.3 Posibles mecanismos para reciclar nutrientes en sistemas silvopastoriles**

Pezo y Ibrahim (1999) señalan que la poda no es común, el reciclaje de nutrimentos en los sistemas silvopastoriles ocurre principalmente cuando se da la muerte de las raíces, la senescencia y caída natural de la biomasa aérea, tanto de árboles como de las pasturas. También, se da a través del material podado que queda en el campo y las excretas que depositan los animales en los potreros.

Según Nair (1997) los mecanismos a través de los cuales los árboles en los sistemas silvopastoriles contribuyen al mejoramiento de la fertilidad de los suelos:

la fijación de nitrógeno, el reciclaje de nutrientes, el bombeo y la mejora en la eficiencia del uso de nutrientes; el mantenimiento de la materia orgánica; y el control de la erosión.

Pezo y Ibrahim (1999) menciona que el efecto de todo este conjunto de mecanismos es lo que provoca mejoras en la productividad del suelo, el cual puede ser en ocasiones tan fuerte que sobrepasa las pérdidas en rendimiento de la pastura ocasionada por el sombreadamiento.

Por otro lado Foth (1992) explica que los animales juegan un papel importante en cuanto al reciclaje de nutrientes en los sistemas silvopastoriles, debido a que a través de las excretas (heces y orina) retornan gran cantidad de los nutrientes que ellos consumen; estimándose que pueden reciclar entre 75 y 85 % de los nutrientes que consumieron en el forraje.

#### **2.1.4 Fijación de nitrógeno**

Foth (1992) explica que el 78 % del aire está compuesto por nitrógeno (N<sub>2</sub>), este no está disponible para que las plantas puedan aprovecharlo directamente. Sin embargo, una forma por medio del cual estas lo pueden utilizar es mediante la acción de microorganismos que se asocian con ellas.

Por ejemplo, la mayoría de las leguminosas forman una relación simbiótica con unas bacterias que pertenecen al género *Rhizobium*, las cuales tienen la habilidad de fijar o transformar nitrógeno atmosférico a formas que las plantas pueden aprovechar para su desarrollo. La cantidad de nitrógeno que se puede llegar a agregar en los suelos por la fijación simbiótica dependen de varios factores, entre los cuales se encuentran: la especie de leguminosa, la clase de suelo, pH, contenido de nutrientes (especialmente N, P, Ca, B y Mo); materia orgánica; la efectividad de las bacterias, humedad en el suelo; y cantidad de carbohidratos que las plantas les aportan a las bacterias, los cuales pueden verse afectados por condiciones ambientales adversas. Además, influye el manejo que se da en el sitio (control de plagas, prácticas fitosanitarias y fertilización).

Hernández y Russell (2001) señalan que el nitrógeno fijado por las leguminosas está disponible en primer lugar para las mismas plantas, mientras ellas crecen. Es hasta que las raíces, los nódulos, tallos y las hojas mueren y se descomponen que lo hacen disponible para las pasturas. En este sentido, hay que

tener mucho cuidado con el manejo que se le da a los árboles leguminosos, ya que las podas frecuentes pueden afectar la fijación simbiótica de nitrógeno.

### **2.1.5 Bombeo de nutrientes por árboles en sistemas silvopastoriles**

Hernández y Sánchez (1998) explica que el reciclaje de nutrientes podría incrementar con la presencia de especies arbóreas, debido a que en algunos casos estos tienen el sistema radical más profundo que las gramíneas, lo que les permite movilizar los nutrientes desde las capas más profundas del suelo e incorporarlos a la superficie a través de la hojarasca.

Sin embargo, el bombeo no ocurre bajo todas las condiciones, ya que depende de las características del sitio, de la morfología radicular de las especies, el material usado para el establecimiento de las leñosas perennes y la frecuencia de podas, ya que está comprobado de que el establecimiento por estacas y las podas más frecuentes los sistemas radiculares son más superficiales, con lo que se puede producir más bien una competencia por nutrientes y agua con las pasturas (Pezo y Ibrahim, 1999).

## **2.2 Efecto del componente arbóreo sobre el suelo**

### **2.2.1 Efectos de la materia orgánica sobre las propiedades biológicas del suelo**

Sánchez (1998) menciona. La mayor actividad de la fauna del suelo debajo de la copa de los árboles está relacionado con un aumento de la humedad y mejoras en las condiciones microclimáticas del suelo.

Otro de los factores que favorece el aumento de la actividad de la macrofauna y los microorganismos del suelo es que la materia orgánica les sirve como sustrato alimenticio, con lo cual pueden estar más activos y liberan o movilizan más nutrientes, haciéndolos disponibles para las plantas. El favorecimiento de la actividad microbiana es de gran importancia porque aumenta la velocidad de descomposición y formación de humus (Kass, 1998).

### **2.2.2 Efecto en la estructura del suelo**

Kass (1998). Los árboles pueden mejorar las condiciones físicas de los suelos, en lo que se refiere a la porosidad y densidad aparente, mediante la acción de las

raíces de los árboles y al aporte de materia orgánica; debido a que esta promueve la formación de agregados y megaporos, lo cual mejora la estructura del suelo y facilita la aireación del suelo. Esta también fomenta el desarrollo de macroorganismos (lombrices), los cuales hacen galerías en el suelo, con lo cual favorecen la descompactación de los suelos, especialmente en áreas degradadas por la mecanización o el sobrepastoreo (Botero y Russo, 2000). Además, promueve un uso más eficiente del agua, debido a que incrementa la agregación de las partículas de limo, arena y arcilla, con lo cual se favorece la infiltración y la retención de agua.

## **2.3 Efecto del componente arbóreo sobre la producción de pastos**

### **2.3.1 Productividad de las pasturas**

Carvalho (1997). Existe gran diversidad de estudios acerca de los efectos que tienen los árboles en la productividad de las pasturas; muchos de ellos hablan de que trae efectos positivos en el estrato herbáceo. Sin embargo, hay otros que determinan reducciones en la productividad de las pasturas. Con resultados tan ambiguos, se hace necesario investigar a profundidad; para ello se deberían de trabajar bajo distintas condiciones edafoclimáticas y con diversidad de especies, para poder decir con mayor precisión bajo que ambiente funcionaria mejor estos sistemas.

Giraldo (1995) indica que, en algunos de los sistemas silvopastoriles, la existencia de leñosas perennes puede ayudar al mejoramiento de la fertilidad del suelo, con lo cual se mejora el crecimiento de las pasturas. Sin embargo, hay que tener cuidado porque los árboles también pueden competir con las pasturas por agua, luz y nutrientes. Estos efectos pueden ser mayores si las especies arbóreas y de pastos tienen requerimientos nutricionales similares.

Los cambios en la producción y en calidad nutricional de los pastos están relacionados con las necesidades de luz que estos tienen. Debido a que la mayoría de las pasturas tropicales tienen una capacidad limitada de tolerar la sombra, lo cual disminuye su frecuencia y productividad cuando se encuentran en sitios con baja intensidad lumínica.

Solórzano (1998) señala que, los árboles compiten por agua y nutrientes con los pastos. No obstante, la competencia se puede reducir si se hace una adecuada selección de especies y manejo (podas), procurando que tengan distintas necesidades y que más bien aporten al sistema. Otros de los factores que afectan la productividad de las pasturas son las características de los árboles, como lo son su arquitectura,

forma, altura, tipo de copa (profundidad, densidad, longitud), debido a que éstas tienen influencia directa en la cantidad de radiación que dejan pasar al estrato herbáceo.

Crespo (1999) menciona que, los estudios que muestran un incremento en la productividad de las pasturas debajo y cerca de las copas de los árboles se dan de manera frecuente en los trópicos y subtrópicos, donde hay bajas densidades de árboles, poca precipitación y moderada fertilidad de suelos. En cambio, en donde hay una alta densidad arbórea, alta precipitación y suelos extremadamente pobres se reduce la productividad en aquellas áreas influenciadas por la copa de los árboles.

Por otro lado, la presencia de árboles en las pasturas provoca cambios en la composición química del pasto que se encuentra bajo la sombra, lo cual puede relacionarse con la modificación que se produce en la fisiología de las plantas, debido a una reducción de la intensidad lumínica, lo cual produce un aumento del contenido de proteína y de la energía metabolizable. Al mismo tiempo causa una disminución de fibra en el pasto. Esta disminución en la producción de materia seca de pasturas en sistemas silvopastoriles, se debe al hecho de que con el aumento de la sombra en los pastizales se da una reducción de las concentraciones de carbohidratos solubles. Simultáneamente a estas variaciones se producen cambios en los indicadores estructurales con un mayor porcentaje de hojas y un menor porcentaje de material muerto en el pastizal sombreado.

A pesar de que las pasturas bajo sombra reciben menos radiación fotosintética activa (RAFA) se ha demostrado que éstas son más eficientes en el aprovechamiento de la energía solar.

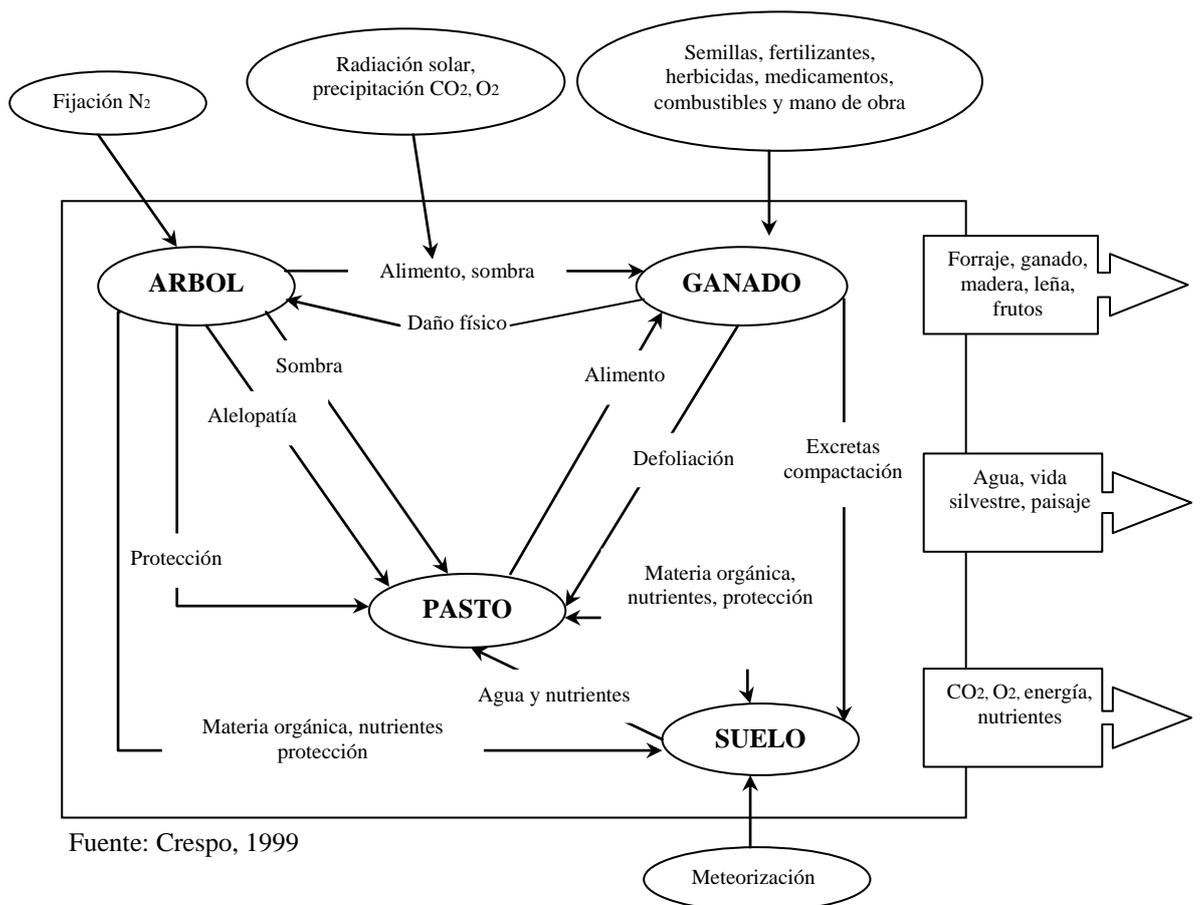


Figura 2. Interacciones en un sistema silvopastoril (Módulos de enseñanza agroforestal CATIE/GTZ, 1999).

## 2.4 Problemas para aplicar estos sistemas

La ganadería es uno de los rubros de mayor importancia para la economía campesina de la Sierra, sin embargo los niveles de producción, productividad e ingresos son bajos.

A esta situación inciden algunos factores como:

- 🌿 Suelos pobres en nutrientes
- 🌿 Los pastos utilizados presentan problemas de plagas y enfermedades, poca resistencia a la sombra y baja producción de forraje.
- 🌿 Pastizales en monocultivo con escasa presencia de árboles y leguminosas.
- 🌿 Especies de pastos poco densos, agresivos y de baja competencia con las malezas, lo cual ocasiona mayor gasto de mano de obra.
- 🌿 Raza o cruces de ganado de bajo potencial productivo.
- 🌿 Incipientes prácticas de manejo de los sistemas y el ganado

Con lo mencionado anteriormente, los sistemas silvopastoriles bien manejados se constituyen en una alternativa sustentable de manejo de pastizales, alcanzando un equilibrio estable entre las necesidades de los ganaderos y los recursos naturales (INIAP-EEN, 1997).

## **2.5 Establecimiento de pasturas**

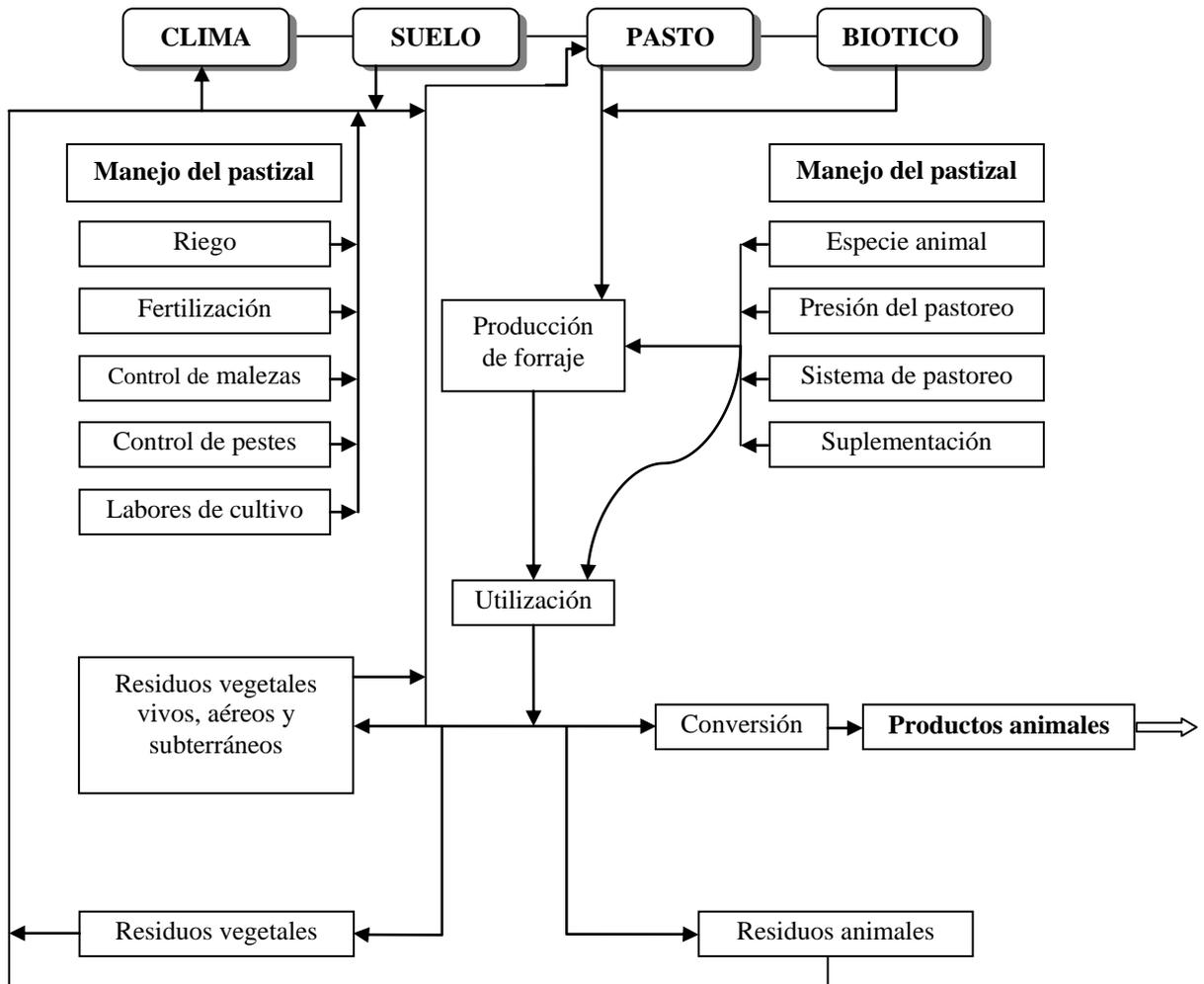
### **2.5.1 Factores que controlan la producción de los pastos**

Existen cinco factores generales que influyen en el establecimiento de una pastura y en la cantidad de pasto producido, estos factores son: Clima, suelo, especie forrajera, factores bióticos y labores de cultivo.

Estos factores influyen en los procesos metabólicos, en el rendimiento y en la calidad del cultivo.

Cuando el potrero está establecido, en la productividad de la pastura influye el manejo de la pastura y manejo del pastoreo.

León (2003) explica que, en cuanto a la influencia de los factores de producción y a la posibilidad de ser manejados por el hombre, debemos indicar que el clima es un factor macro o de acción global y es un factor incontrolable o poco controlable por el hombre; el suelo es un factor micro de influencia local y es parcialmente controlable; la especie forraje y las labores de cultivo son factores controlables por el hombre.



Fuente: León, 2003

Figura 3. Factores que actúan sobre la dinámica de crecimiento y utilización del pastizal

### 2.5.1.1 El clima

León (2003) menciona que, los aspectos más importantes del clima son la temperatura y la precipitación.

Los procesos vitales de la planta se inician de ordinario a partir de los 4 °C, alcanzando la máxima potencia a los 35 °C y paralizándose temporalmente al elevarse a los 45 °C. El aumento de la temperatura actúa sobre la respiración y la energía de la planta, doblándose o triplicándose la producción de anhídrido carbónico por cada 10 °C que aumenta la temperatura mientras no sea superior a los 45 °C, aumentando así la formación de materia orgánica vegetal. La temperatura óptima de los pastos de zona templada se encuentra alrededor de 20

°C, aunque puede producir muy eficientemente a temperaturas inferiores. Los pastos tropicales se desarrollan mejor entre 30 - 35 °C y producen muy poco por debajo de los 15 °C.

### **2.5.1.2 El suelo**

León (2003). Como cualquier cultivo, los pastos requieren la atención necesaria en todo lo que se refiere a la composición física, química y biológica de los suelos. Así mismo los pastos responden positivamente a cualquier cuidado cultural, como una buena preparación del terreno, nivelación del suelo, labores culturales y adecuada fertilización.

Unos pastos prefieren determinados suelos (arenoso, arcillosos, francos), otros son más o menos indiferentes a la composición física. Los pastos necesitan suficiente profundidad para que las raíces crezcan y aseguren nutrientes y agua.

Después del clima, el nivel de fertilidad del suelo es el factor más importante que riga la productividad de los pastos. Existen pastos exigentes en fertilidad, otros que se adaptan a cualquier clase de suelos incluyendo los pobres.

Es importante también el factor pH que afecta a la disponibilidad de nutrientes y a la actividad de microorganismos; en términos generales las gramíneas crecen bien en pH 5,6 – 6,5; las leguminosas en pH 6,5 – 7. Existen plantas indicadoras del pH del suelo. Existen plantas indicadoras de suelo ácido, los helechos (en el litoral y Amazonía) y la pacta o lengua de vaca (región interandina).

### **2.5.1.3 Especie forrajera**

La producción depende de las características intrínsecas de la especie o variedad de pasto.

Características más importantes de una buena planta forrajera:

- ✿ Adaptación al piso térmico
- ✿ Elevada y uniforme producción de forraje durante todo el año
- ✿ Alto valor nutritivo
- ✿ Rusticidad. Que soporte el pisoteo del ganado.
- ✿ Tolerancia a plagas y enfermedades
- ✿ Facilidad de propagación
- ✿ Carencia de principios tóxicos

- ✿ Precocidad. Cuando más rápido sea el crecimiento, producirá mas cortes al año y mayor productividad.
- ✿ Buena palatabilidad
- ✿ Competitividad de crecimiento
- ✿ Alta relación hojas-tallos. Debe producir más substancias tiernas que duras, sin presentar elementos filosos o cortantes.

#### 2.5.1.4 Factores bióticos

León (2003). Son factores bióticos las malezas, plagas, enfermedades y la microfauna. Algunos autores opinan que en el manejo de praderas el principal factor biótico son los animales de pastoreo.

En términos generales se puede mencionar que en el manejo de plagas y enfermedades la resistencia es el método más práctico en el control sanitario; aún cuando ésta puede variar según las características de los ecosistemas. El manejo de plagas y enfermedades, incluyen también control natural a través de saneamiento, asociación estratégica, manejo de pasturas, control biológico y químico.

#### 2.5.1.5 Factores culturales

Sobre este factor la revista Ekos de 07 – 08 – 2002, al comentar los resultados del III Censo Nacional Agropecuario, opina que la falta de resultados productivos en el sector agropecuario se explica por:

- ✿ **La educación de los productores:** el 22,5 % no tiene ningún nivel de educación aprobado; el 65,3 % tiene solo educación primaria; 12,2 % tiene un nivel de educación de segundo y tercer nivel (no necesariamente en el área agrícola).
- ✿ **Apoyo técnico:** el 93,2 % de los productores no cuentan con ninguna clase de apoyo técnico, por lo que su producción se destina únicamente al mercado interno o al autoconsumo.

#### 2.5.1.6 Factores económicos

León (2003). En la actualidad, la falta de políticas gubernamentales de apoyo al sector agropecuario y de facilidades crediticias son limitantes poderosos

para el mejoramiento tecnológico del sector pecuario, en nuestro caso específico, para el mejoramiento de pastizales.

## 2.6 Producción primaria de los pastizales

Paladines (1992) explica que, la producción primaria significa medir cuantitativamente la cantidad de forraje por hectárea que un potrero produce por unidad de tiempo.

La producción primaria debe ser medida en condiciones tales que:

1. Representen el verdadero crecimiento del pastizal, libre de interferencias o factores externos a él.
2. Eviten la contaminación del material cortado (muestra) con elementos ajenos al pastizal.

En condiciones de campo, la medida de la producción primaria de los sitios se complica porque estos están localizados en potreros de las fincas y no se hallan bajo el control del técnico; esto requiere de cuidado para respetar el derecho del propietario a usar sus potreros y al mismo tiempo, asegurar la obtención de información veraz sobre el crecimiento del pastizal

Unidades de medida:

- ✿ **Tasa de crecimiento (tc):** Es la cantidad de fitomasa producida por un pastizal por hectárea y por día se expresa como kg de biomasa/ha/día.
- ✿ **Crecimiento (rendimiento):** Es la cantidad de fitomasa producida por un pastizal por hectárea y por unidad de tiempo otra del día. Comúnmente se expresa como kg de biomasa/ha/estación del año o como kg de biomasa/ha/año.
- ✿ **Disponibilidad del forraje:** La cantidad de fitomasa acumulada por hectárea que esta disponible en un momento determinado para consumo de los animales.

En condiciones de pastoreo se debe reconocer la existencia de dos condiciones del pastizal:

1. La cantidad de forraje disponible para consumo de los animales al inicio del pastoreo.
2. La cantidad de forraje que queda después que los animales han salido del pastoreo.

A la primera se la conoce como Disponibilidad y a la segunda como Residuo.

La disponibilidad por tanto será la suma del Residuo de pastoreo anterior mas la biomasa acumulada (crecimiento) durante el periodo de descanso del pastizal antes del pastoreo presente. Para determinar el crecimiento del pastizal será necesario, por lo tanto, medir el residuo del pastoreo anterior y la disponibilidad antes del pastoreo presente.

### **2.6.1 Determinación del contenido de materia seca**

Paladines (1992). El rendimiento de forraje de un pastizal se debe expresar a base de biomasa. Para el efecto del material cortado en el metro cuadrado y pesado en fresco, se debe obtener una muestra para determinar el contenido (porcentaje) de biomasa. El procedimiento detallado depende de la forma de manejar el pasto del metro cuadrado. Si se pesa fresco en el campo, la muestra para biomasa se obtendrá inmediatamente y se colocará en una bolsa de plástico sin orificios, suficientemente para evitar rupturas y suficientemente grande para alojar la muestra completa, dejando espacio para cerrarla con una banda de caucho o un hilo grueso y fuerte; así se evitará la pérdida del material y la evaporación del agua. La muestra que se tome debe pasar entre 250 y 500 g y debe ser una alícuota representativa del contenido total del pasto cortado; para conseguirlo, se colocará el pasto cortado sobre un plástico, formando una capa delgada y con la mano se sacarán puñados de toda el área hasta obtener la alícuota del peso deseado. La bolsa plástica, que contiene la alícuota, se llevará al laboratorio y se pesará en una balanza con precisión de un gramo. La muestra ya pesada se secará en una estufa con aire forzado a temperatura de 100 a 105 °C hasta peso constante; esta condición se obtiene en un lapso de 8 a 12 horas de secamiento. Cuando las muestras secas vayan a ser luego utilizadas para análisis bromatológico o de digestibilidad in vitro (DIV) el secado deberá hacerse a 60 °C, durante 48 horas. Si el forraje cortado en el metro cuadrado no se pesa en el campo y se lleva completo al laboratorio, es necesario colocarlo en una bolsa grande de plástico sin huecos, para evitar la pérdida del material durante el transporte al laboratorio; la evaporación del agua no importa, ya que no fue pesado aún. En el laboratorio se pesará cuantitativamente todo el material contenido en la bolsa y se obtendrá la alícuota para determinar la biomasa.

## 2.7 Degradación de pasturas

Pezo y Ibrain (1990) mencionan, que las causas de la degradación de las pasturas son:

- ⇒ Uso de germoplasma no adaptado.
- ⇒ Sobrepastoreo
- ⇒ Quemadas no controladas
- ⇒ Prácticas de labranza inapropiadas
- ⇒ Ausencia de coberturas vegetales y de otros métodos de conservación de suelos.
- ⇒ Manejo ineficaz de la fertilidad del suelo
- ⇒ Pérdida de la Biodiversidad
- ⇒ Ruptura de ciclos hídricos.

## 2.8 Aliso

Familia	:	Betulaceae
Nombre científico	:	<i>Alnus nepalensis</i> D. Don
Nombres comunes	:	Utis en Nepal, aliso en Costa Rica y Ecuador.

### 2.8.1 Descripción de la especie

Aliso, es una de 35 especies del genero *Alnus* en todo el mundo, es una especie que fija nitrógeno al suelo pero no esta en la familia de las leguminosas ya que pertenece a la familia Betulaceae.

Aliso es un árbol caducifolio o semidecuiduos con un tronco recto que alcanza hasta 30 m de altura y 60 cm (rara vez a 2 m) de diámetro.

La corteza es de color verde oscuro o gris, a menudo con manchas amarillentas, con lenticelas.

Las hojas, que con frecuencia son dañadas por los insectos, son alternas, elípticas, 6 - 20 cm de largo y de 5 - 10 cm de ancho.

La superficie superior de la hoja es brillante de color verde oscuro, la parte inferior es pálida.

Las flores están distribuidas en amentos, en las cuales encontramos flores masculinas y femeninas por separado en las mismas o diferentes ramas. Los

amentos masculinos son de color amarillo, 10 - 25 cm de largo, y cuelgan en racimos al final de ramitas, los amentos femeninos son mucho más cortos, erectos y leñosos, y se producen en la ramificación lateral de las ramitas.

Los frutos, que superficialmente se parecen a conos de pinos, son de color marrón oscuro, en posición vertical sobre tallos cortos, elípticos, son de consistencia leñosa, los conos vacíos pueden persistir en el árbol.

Las semillas son de color marrón claro, circular y plana, con dos grandes alas membranosas, más de 2 mm de ancho, las semillas maduran de noviembre a marzo dependiendo de la localización geográfica (Duke 1981).

### **2.8.2 Ecología**

Según Duke (1981), aliso, se desarrolla en todo el Himalaya entre 500 - 3000 m.s.n.m, de Pakistán a través de Nepal, el norte de la India, Bután y Birmania superior a sudoeste de China e Indochina.

Se encuentra de forma natural en bosque húmedo, fresco o climas de monzón subtropical de montaña, con un promedio anual de precipitaciones 500 - 2500 mm, con 4-8 meses y una estación seca.

Los suelos tienden a ser húmedo y bien drenados.

En altitudes más bajas en particular, crece en sitios húmedos, como los cerca de los ríos y en los barrancos. Es una especie pionera y crece bien a plena luz, aunque también tolera sombra.

No requiere alta fertilidad de los suelos, pero prefiere suelos permeables y no debe ser plantada en suelos erosionados o compactados, crece bien en suelos con alto contenido de agua, pero no en los terrenos anegadizos.

### **2.8.3 Propagación**

La especie se propaga fácilmente por semilla (1,6 a 2,3 millones de semillas / kg, si es pura), mantendrá la viabilidad de al menos un año si se seca y se almacenan correctamente.

La germinación se inicia 1 - 2 semanas después de la siembra y se completa después de 2 semanas, el trasplantar a fundas de polietileno puede comenzar 4 - 5 semanas después de la germinación.

Por debajo de los 1200 m.s.n.m. de elevación puede alcanzar un crecimiento entre 25 - 35 cm en 4 a 5 meses, pero por encima de esta altitud pueden llegar a tardar hasta 11 meses.

Las plantas jóvenes son susceptibles a los daños causados por las hormigas y defoliación por las heladas (Napier 1989).

#### **2.8.4 Silvicultura**

Napier (1989) menciona que, el aliso tiene una gama más amplia de la tolerancia que su sitio natural de distribución.

Se ha establecido con éxito en las plantaciones de varios países, en su mayoría dentro de su área de distribución natural, pero también en Hawái y Costa Rica.

Un espaciamiento de 2,5 x 2,5 m es de uso común en las plantaciones de Nepal, aunque es más conveniente para el espaciamiento de los cultivos de leña.

#### **2.8.5 Usos**

Las hojas son un diurético útil para reducir las hinchazones en las piernas. El zumo de la corteza se hierve, el líquido gelatinoso se aplica a las quemaduras.

La madera de aliso es moderadamente suave con densidades de 320 - 370 kg / m<sup>3</sup> a 480 - 590 kg / m<sup>3</sup>, pero la madera, al igual que la de otros alisos, se seca rápidamente y se quema fácilmente.

La madera se conserva bastante bien, pero en condiciones húmedas se deteriora, también está sujeta a la decoloración por oxidación, savia y mancha de hongos.

Es apropiado para cajas de fósforos, para papel periódico.

El follaje es de bajo a moderado, como valor para forraje, Las hojas maduras son comidas por las ovejas, cabras, ganado. La corteza del árbol se utiliza para el curtido y teñido

El aliso es bien conocido como una especie que le da cierta estabilidad a las pendientes que tienden a deslizarse y erosionar, se ha utilizado eficazmente para reforestar áreas abandonadas, ayuda en la conservación de los suelos.

Esta especie forma una simbiosis con la fijación de nitrógeno - actinomycetes del género *Francia* (Little, 1983).

### **2.8.6 Plagas y enfermedades**

Según Little (1983), es muy susceptible al ataque de defoliadores (*Oreina* sp., *Anomala* sp.).

Los barrenadores del tallo *Batocera* sp. y, posiblemente, *Zeuzera* sp. Un áfido, *Eutfichosiphum alnifoliae*, es una plaga de importancia económica.

## **2.9 Cedro tropical**

Familia : Caesalpinaceae  
Nombre científico : *Acrocarpus fraxinifolius* Wight & Arn  
Nombres comunes : Cedro tropical en Ecuador, mundani en la India.

### **2.9.1 Descripción de la especie**

Árbol deciduo, alcanza alturas de 30 a 35 m, su fuste es cilíndrico y limpio de ramas en  $\frac{3}{4}$  partes de la altura total. Arriba de las vastas raíces tubulares aún puede alcanzar un diámetro de 200 cm. Las ramas son relativamente delgadas y están dispuestas horizontalmente. La corteza es delgada y de color gris claro.

Las hojas son bipinnaticompuestas, con tres a cuatro pares de pinas, cada una de aproximadamente 30 cm de largo. Los folíolos elípticos lanceolados, de 7 a 10 cm de largo, forman 5 o 6 pares. Las hojas tiernas son de color rojo claro llamativas y dan al árbol su apariencia característica, las flores aparecen en racimos y son de un color rojo escarlata. Generalmente, la floración ocurre en los meses de marzo y abril, en árboles que alcanzan 10 o más años. Las vainas aplanadas de 8 a 12 cm de largo y conteniendo en promedio 10 semillas de forma ovalada y aplanada. La copa o corona es liviana y redondeada (Whitmore, 1976).

### **2.9.2 Ecología**

Whitmore (1976) señala que, el área de distribución natural de cedro tropical, se extiende desde los 23° a 27° norte, en el occidente de India, abarca Bangladesh, Asoma, hasta alcanzar el norte de Birmania. Ahí forma parte de los bosques mixtos siempre verdes y se encuentra a altitudes de 0 hasta 1500 metros

sobre el nivel del mar. Fuera del área de su distribución natural, ésta especie es plantada en India aproximadamente a 18° norte, y en regiones altas de Kenia, Uganda, Tanzania y Zimbabwe.

Esta especie se desarrolla en zonas con precipitación pluvial anual de 1500 a 2000 mm. En el área de su distribución natural la temperatura ambiente varía entre los 19 y 28 °C (media máxima del mes más caliente 23 a 35° C; media mínima del mes más frío 16 a 22 °C). No es muy resistente a las heladas.

Se desarrolla de manera óptima en suelos arcillosos francos y profundos, bien drenados, con un pH de 4 a 8. En esas condiciones ambientales las raíces pueden penetrar hasta 4,5 m de profundidad, sin embargo, también se desarrollan en suelos superficiales y compactados. Esta especie es apropiada también para regiones submontañosas húmedas y semihúmedas, con períodos cortos de sequía, en suelos francos medianamente superficiales o profundos.

### **2.9.3 Propagación**

Whitmore (1976) cita que la propagación puede ser sexual (semillas) o asexual (acodos, esquejes, estacas).

Un kilogramo de semilla contiene un promedio de 32000 unidades. Comercialmente, se habla de 20000 plantas listas para siembra por cada kilo de semilla. Las semillas sembradas sin tratamiento tienen una germinación muy pobre y heterogénea. Para lograr una germinación homogénea se recomienda sumergir la semilla en ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos para dejarla después remojando en agua corriente por 12 horas, el otro tratamiento consiste en introducir la semilla en agua a 80 °C y dejarla dentro del agua, hasta que esta se enfríe, por un periodo de 8 horas.

La semilla es a menudo irregular, algunas germinan al cabo de una semana, mientras que otras se tardan hasta casi un año. Por esta razón deben regarse en semilleros bien abrigados y en gran densidad. Se repicarán plántulas todavía al cabo de un año. Remover y aflojar el sustrato del semillero cada cierto tiempo favorece la germinación.

#### **2.9.4 Silvicultura**

Whitmore (1976), recomienda frecuentes cuidados silviculturales hasta el cierre de las copas. Cedro tropical, tiene una gran capacidad de rebrote. Los países proveedores de semillas más importantes son la India y Kenia. La germinación es muy irregular, algunas germinan a los 10 días, mientras que otras hasta de un año. Por ésta razón deben regarse en semilleros bien abrigados.

En los tres o cuatro meses posteriores a su germinación las plantas alcanzan una altura de 20 a 40 cm y pueden ser trasladadas al campo. La plantación requiere limpiezas regulares para eliminar las malezas, hasta que alcance un buen porte. A la edad de 3 a 4 años se realizan los primeros raleos, ya que para lograr un desarrollo óptimo el árbol requiere una copa amplia, hasta que el rodal alcance una edad en la que se obtengan productos maderables.

Además del cultivo en áreas abiertas, también es apropiado como árbol de sombra para plantaciones de té, café, cacao, etc.

En Zambia en cultivos experimentales, de 2 a 4 años de edad, se comprobó un crecimiento vertical anual, de 1,3 a 3 m y en un cultivo de 23 años, la altura media observada fue de 26 m. En condiciones ambientales favorables se puede contar con incrementos en volumen de 10 m<sup>3</sup>/ha por año.

#### **2.9.5 Usos**

Se cultiva en algunas regiones tropicales de México para obtener madera, la cual se utiliza para fabricar muebles y para construcciones rurales. En la India se usa como pulpa para hacer papel. Bajo condiciones favorables de luz se ha usado esta especie como sombra para plantaciones de té y café ya que la presencia de esta especie enriquece las plantaciones.

#### **2.9.6 Plagas y enfermedades**

Cedro tropical, no ha sido hasta ahora afectado significativamente por plagas. En su juventud los árboles son susceptibles a los comejenes. Las plantas jóvenes pueden ser defoliadas por *Atractomorpha crenulata*.

## **2.10 Brachiaria**

Familia	:	Poaceae
Nombre científico	:	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.
Nombres comunes	:	Brachiaria, dallis

### **2.10.1 Características botánicas**

Gramínea perenne originaria del este de África Tropical. De crecimiento rastrero, con estolones largos cuyos nudos al estar en contacto con el suelo, emiten raicillas dando origen a una nueva planta. Sus tallos son postrados y semi-erectos frondosos que forman una buena cobertura; la altura es de 50 y 70 cm, sus hojas son lanceoladas de color verde brillante de 15 a 20 cm de largo y 8 a 10 mm de ancho, y la inflorescencia es una panícula con tres a cinco racimos ramificados (Programa Nacional de Pastos y Forrajes, 1999).

Las características agronómicas registradas, demuestran que la altura que puede alcanzar la especie es de 93 cm, dependiendo de la distancia de siembra su cobertura es mayor o menor. Una pradera se puede considerar establecida cuando tenga sobre un 90 % de cobertura, cosa que ocurre a los 150 – 180 días después de la siembra (INIAP, 1997).

### **2.10.2 Adaptación**

INIAP (1997). Se comporta bien en zonas localizadas desde el nivel del mar hasta los 1800 m.s.n.m. con temperaturas entre 20 – 25 °C y precipitación de 1000 a 4000 mm, persiste en suelos rojos, ácidos y de baja fertilidad, resiste la sequía no muy prolongada y la quema, su tolerancia a la sombra es media.

Escobar, (2003) explica que, se desarrolla mejor en suelos arcillosos fértiles, pero crece también en otro tipo de suelos, ondulados, poco profundo y permeables; responde bien a la fertilidad nitrogenada, se puede establecer utilizando semilla y material vegetativo.

### **2.10.3 Plagas y enfermedades**

Su crecimiento estolonífero rastrero, da lugar a la formación de un clima favorable para ser atacado durante casi todo el año por *Aeneolamia* sp. “Salivazo”,

observándose marchitamiento completo de las hojas, cuando la incidencia de la plaga es alta, pudiendo confundirse con una deficiencia mineral. Las praderas afectadas toman una coloración amarillenta, hasta secarse, el insecto chupa la sabia de las plantas y ocasiona un marcado retardo del crecimiento (Terranova 2001).

### **2.10.3.1 Salivazo**

El salivazo (familia Cercopidae) también conocido como mosca pinta, baba de culebra o chinche salivosa comprende 11 géneros y aproximadamente 360 especies de cercópidos registrados, de los cuales entre 20 - 30 son plagas de gramíneas.

Es una plaga del continente Americano que tiene una amplia distribución geográfica que va desde el Sureste de los Estados Unidos de América hasta el Noreste de Argentina y una distribución altitudinal que va desde los 0 hasta los 3000 m.s.n.m. Las especies de salivazo de mayor importancia económica en las pasturas tropicales pertenecen a los géneros *Zulia*, *Deois*, *Prosapia*, *Aeneolamia* y *Mahanarva*.

El salivazo es una plaga que se desarrolla en muchas especies de plantas. Se reportan daños serios en cultivo de caña de azúcar, maíz, arroz y numerosas poáceas silvestres y cultivadas como pastos para alimentar ganado. En los pastos cultivados los mayores daños se han reportado en: pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens*), pasto guinea (*Panicum maximum*), pangola (*Digitaria decumbens*), alemán (*Echinochloa polystachya*), elefante (*Pennisetum purpureum*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), entre otros.

El salivazo de los pastos es un insecto chupador que se alimenta exclusivamente de la savia de las plantas que extraen del xilema. Las ninfas se alimentan en las raíces superficiales y en los tallos en la base de la planta, por lo que cuando se presentan infestaciones altas causan estrés hídrico, retrasando el crecimiento de la planta y por lo tanto la producción de biomasa.

Los adultos se alimentan exclusivamente de la parte aérea en las láminas foliares y tallos de la planta. El insecto clava su estilete para succionar la savia en forma continua, interrumpiendo solo al cambiar su sitio de alimentación, picando

continuamente sitios adyacentes y extrae grandes, cantidades de savia; el exceso de líquido lo secreta por el ano en forma de pequeñas gotas, por lo cual también se le conoce vulgarmente como mión o meón. Al succionar la savia inoculan enzimas aminolíticas y oxidantes provocando una fitotoxemia en la planta (Peck, 2003).

#### **2.10.4 Siembra**

Debido al bajo poder germinativo de la semilla sexual y a la dificultad de conseguir la misma que tenga buena calidad, el establecimiento de ésta gramínea se realiza por material vegetativo, mediante el uso de cepas o estolones. La siembra vegetativa se puede realizar a distancias de 50 x 50 cm obteniéndose un rápido establecimiento (Terranova, 2001).

#### **2.11 Pasto miel**

Familia	:	Poaceae
Nombre científico	:	<i>Setaria sphacelata</i> (Schumach) Stapf & C.E. Hubb
Nombres comunes	:	Pasto miel

##### **2.11.1 Características botánicas**

Pasto miel es una gramínea subtropical que presenta una amplia variación de formas y tipos dando lugar a numerosas descripciones de especies afines. Algunos investigadores han propuesto considerarla como una sola especie mientras que otros han presentado diferentes formas de agrupamiento según especies. Son plantas perennes, cespitosas, estoloníferas, con hojas glabras muy suaves al tacto que tienen por lo menos 50 cm. de largo por 1 cm de ancho. Las macollas son achatadas con coloración rojiza (según la variedad) y la inflorescencia es una panoja cilíndrica, compactada, de longitud variable entre 5 y 45 cm (MAS, 2007).

##### **2.11.2 Adaptación**

Oriunda de África Oriental, seleccionada y mejorada en Australia, muestra un amplio margen de tolerancia para crecer en ambientes diversos y relativamente alejados de las condiciones ideales para la especie.

Suelos: Si bien puede haber diferencias entre variedades, se comporta bien tanto en suelos pobres de textura arenosa, como en arcillosos saturados de agua. Aunque en su centro de origen se la puede encontrar en suelos con valores de pH extremos (4 – 8,5).

Agua: Algunos trabajos desarrollados en el subtrópico indican necesidades mínimas de 750 mm siempre que no ocurran períodos secos prolongados, mientras que otros llevan ese mínimo a 900 y establecen cantidades elevadas, en el orden de 1800 mm, como condiciones deseables para la gramínea.

Otros estudios marcan la tolerancia de la especie tanto a períodos de muy baja disponibilidad de agua en el suelo como a excesos, incluyendo inundaciones periódicas.

Temperatura: El óptimo de crecimiento se ubica entre los 18 y 22 ° C indicando claramente su condición de subtropical, su tolerancia a la sombra es media (MAS, 2007).

### **2.11.3 Plagas y enfermedades**

Las heladas detienen el crecimiento y dañan parcialmente la planta, particularmente las láminas con mayor exposición, manteniéndose verdes las partes más protegidas por el mismo follaje, por la arquitectura de la planta y por la estructura de la vegetación en su conjunto (MAS, 2007).

### **2.11.4 Siembra**

Implantación: Considerando en primer término el reducido tamaño de semilla, y a los efectos de lograr una buena implantación, es necesario preparar tierra bien afinada, buen contacto semilla suelo, eliminación de malezas, etc., a lo que se puede agregar la indicación de ubicar la semilla a una profundidad no mayor a 1cm.

Densidad de siembra: Se trata de un tema particularmente sensible debido a la calidad de la semilla normalmente ofrecida en el mercado. El poder germinativo de la misma es muy variable, normalmente bajo, por lo que resulta imprescindible realizar ajustes al respecto en cada caso.

En distintos experimentos evaluados durante varios años, se concluye que se puede lograr un buen stand de plantas con cantidades bajas de semilla viable, en el

orden de 100 por metro cuadrado y que no se justificarían densidades mayores a las 300. Suponiendo un 40% de germinación, serían 1,7 y 5 kg/ha respectivamente.

Producción de Forraje: En regiones de clima óptimo para su desarrollo existen registros de hasta 28 toneladas de biomasa/ha/año (con 250 kg de N/ha y riego).

Según mediciones realizadas en suelos de baja fertilidad en condiciones de riego y fertilización, la producción de materia seca en un período de cinco meses varió según experimentos y años entre 8 y 16 toneladas (MAS, 2007).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción del área de estudio

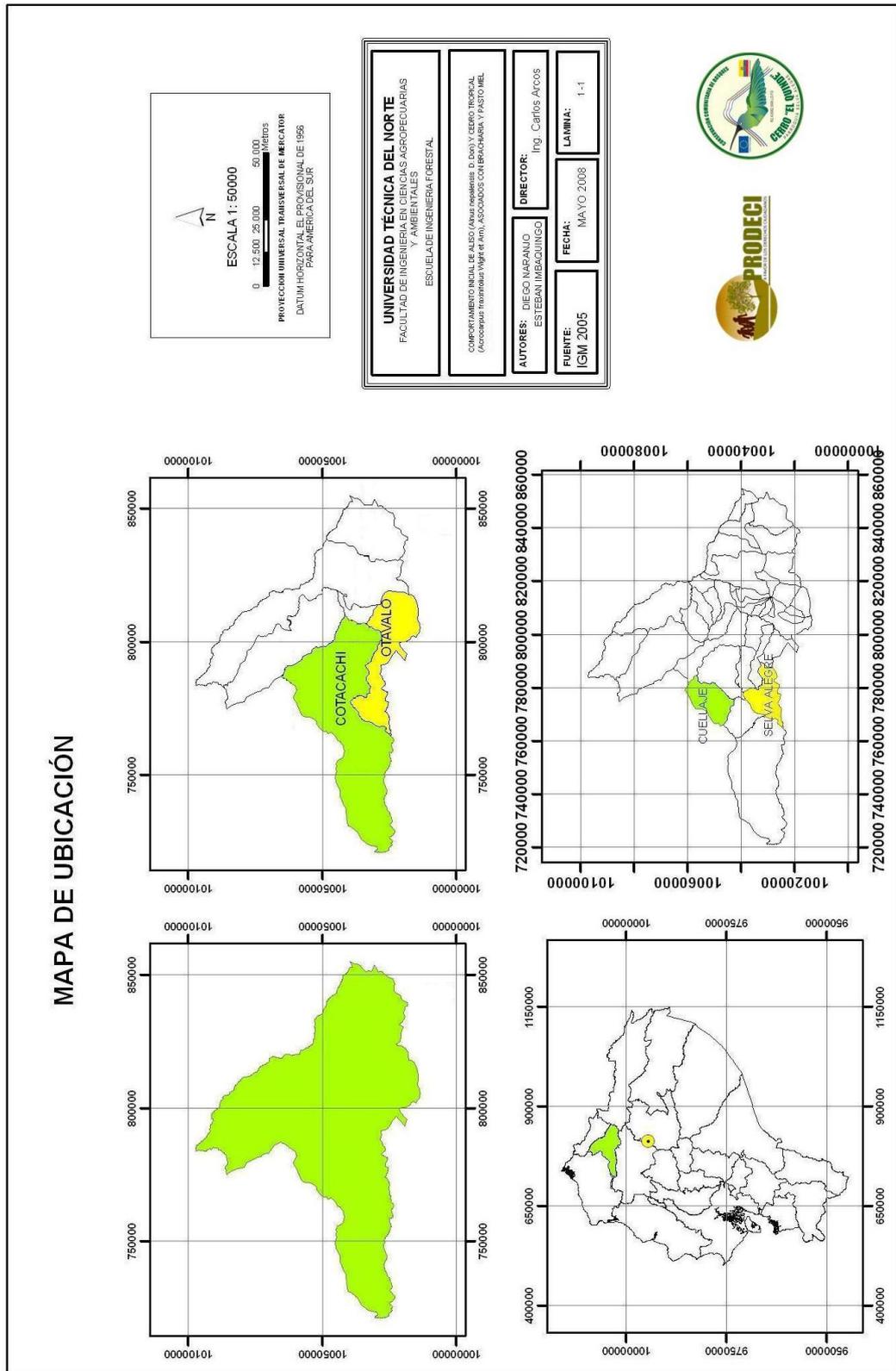
La presente investigación se llevó a cabo entre los meses de mayo del 2008 y mayo del 2009, en la provincia de Imbabura, cantones Cotacachi y Otavalo, parroquias Cuellaje y Selva Alegre, zona de Intag (Anexo 1: Cobertura vegetal del área de estudio).

<b>Localización</b>	<b>Sitio 1 (bloque)</b>	<b>Sitio 2 (bloque)</b>	<b>Sitio 3 (bloque)</b>
<b>Provincia</b>	Imbabura	Imbabura	Imbabura
<b>Cantón</b>	Otavalo	Otavalo	Cotacachi
<b>Parroquia</b>	Selva Alegre	Selva Alegre	Cuellaje
<b>Comunidad</b>	San Luis	Quinde Talacos	San Joaquín
<b>Propietario</b>	Augusto Flores	Milton López	Martha Angulo
<b>Altitud</b>	1654 m.s.n.m.	1734 m.s.n.m.	1970 m.s.n.m.
<b>Longitud</b>	78° 34' 0,41" W	78° 33' 17,65" W	78° 32' 26,01" W
<b>Latitud</b>	0° 14' 30,82" N	0° 16' 51,85" N	0° 24' 16,33" N
<b>Área de estudio</b>	5000 m <sup>2</sup> (1/2 ha)	5000 m <sup>2</sup> (1/2 ha)	5000 m <sup>2</sup> (1/2 ha)

Elaborado por: Esteban Imbaquingo & Diego Naranjo (2009)

Cuadro 1. Localización de los sitios donde se realizó la investigación

Figura 4: Mapa de ubicación



### 3.1.1 Clima

Esta investigación fue realizada en la zona de Intag, que se extiende desde las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes hasta el límite de la provincia de Esmeraldas y Pichincha.

El clima de la zona de Intag es ecuatorial mesotérmico semihúmedo.

La fisiografía se presenta en relieves entre 1000 y 2000 m.s.n.m. con temperaturas mínimas de 13 °C y máximas de 25 °C y una precipitación anual que varía entre 1000 y 2000 mm. Esta área corresponde a la zona de vida bosque húmedo Premontano (bh-PM), según el sistema de clasificación ecológica de Holdridge.

En el tiempo que duro la investigación en la parroquia Selva Alegre se presentó una precipitación de 2191,4 mm anual, en el mes de agosto del 2008 se presentó menor precipitación (52,1 mm), y el mes de febrero del 2009 fue el mes con mayor precipitación (324,5 mm).

En tanto que en Cuellaje hubo una precipitación de 1797,2 mm anual, por lo que el mes de agosto presentó menor precipitación (51,9 mm), mientras que el mes de febrero del 2009 fue el de mayor (271,8 mm).

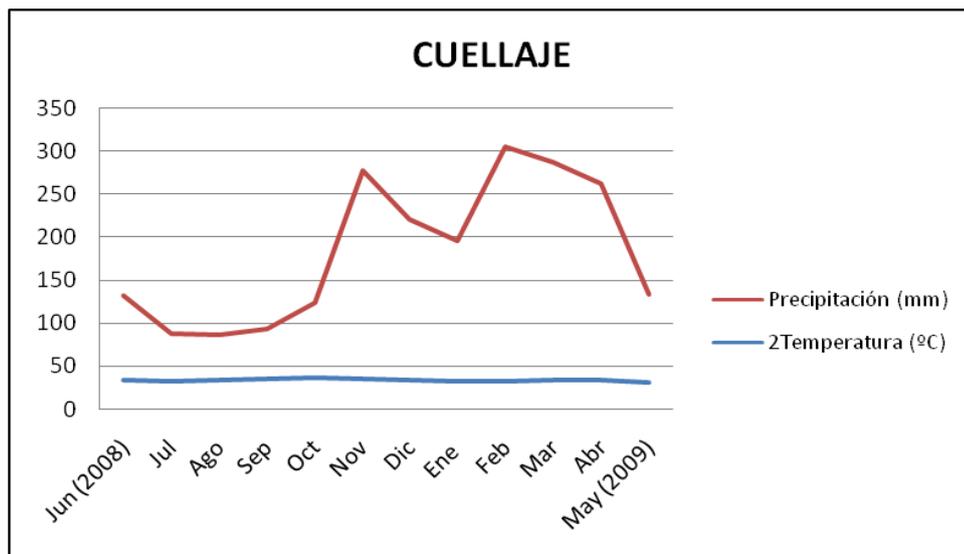
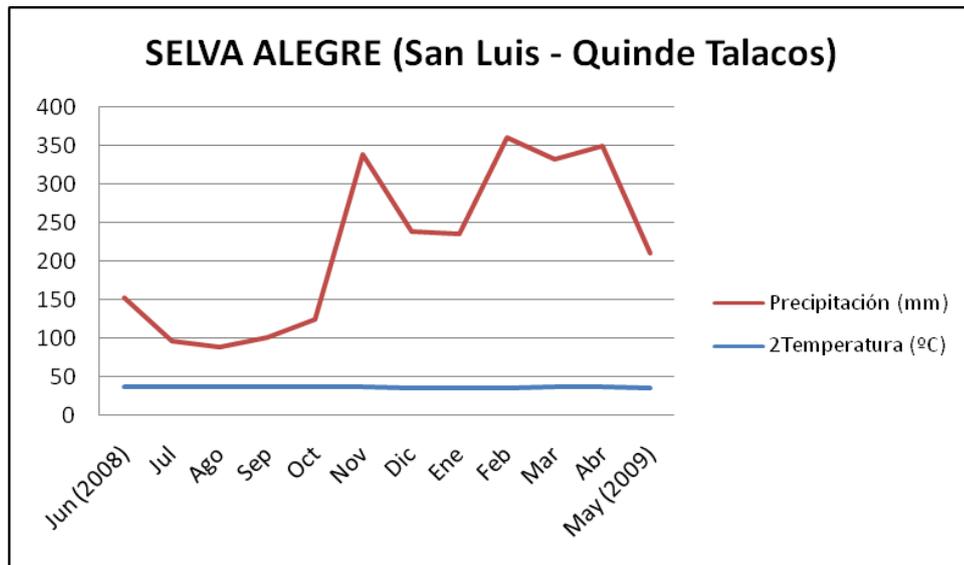
Datos climáticos	San Luis	Quinde Talacos	Cuellaje
Precipitación	2191,4 mm / año	2191,4 mm / año	1797,2 mm / año
Temperatura promedio	18,1 °C	18,1 °C	17 °C
Temperatura máxima	22 °C	22 °C	20,8 °C
Temperatura mínima	15,1 °C	15,1 °C	13,4 °C
Clasificación ecológica	bh-PM	bh-PM	bh-PM

Fuente: INAMIHI

bh-PM: bosque húmedo PREMONTANO

Cuadro 2. Datos climáticos.

### 3.1.1.1 Diagramas ombrotérmicos



### 3.1.2 Suelos

#### 3.1.2.1 Descripción taxonómica a nivel de orden

Gonzales (1986), citado por Beltrán (2006), los suelos donde se realizó la investigación corresponden al orden Inceptisol, los que se caracterizan por la presencia de minerales de desarrollo incipiente, de poco profundos a muy profundos; el horizonte superficial es de colores claros (epipedón ócrico) o de colores oscuros (epipedón úmbrico) y el subsuelo tiene un horizonte alterado (horizonte cámbico) de textura franco arenosa muy fina a arcillosa, con estructura

de suelo o ausencia de estructura de roca por lo menos en la mitad del volumen. Se presentan en relieves de planos a muy escarpados, la fertilidad se presenta de muy baja a alta. Son desarrollados de sedimentos aluviales, fluviales, coluviales, de cenizas volcánicas, de rocas básicas y ácidas. Son suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogénico, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados; pudiendo presentarse los procesos de traslocación y acumulación.

### **3.1.2.2 Fertilidad y condición química del suelo**

Los suelos donde se realizó la investigación tienen un pH de 6,20 a 6,46; al ser ligeramente ácidos tienen una buena condición, debido a que en este rango de pH se da una mínima interferencia para la absorción de nutrientes. El contenido de calcio (Ca) es alto, en cambio el magnesio (Mg) en San Luis y Cuellaje es medio, mientras que en Quinde Talacos es alto. El potasio (K) se encuentran en un nivel bajo en San Luis, en Cuellaje es medio y en Quinde Talacos es alto. El fósforo (P) se encuentra en nivel bajo en los tres sitios; puede deberse a una intensiva labor agrícola practicada anteriormente lo que a ido agotando el P en el suelo. El contenido de nitrógeno (N) es medio en San Luis y Cuellaje, en Quinde Talacos es bajo. Por otro lado, el contenido de materia orgánica en los tres sitios es alto (entre 8,08 a 10,25 %), lo que favorece los procesos de absorción de nutrientes (Anexo 2. Análisis químicos de suelos).

Realizadas las calicatas para la obtención de los perfiles y horizontes del suelo en los tres sitios, se pudo evidenciar que en San Luis existe una profundidad efectiva del suelo de 49 cm, mientras que en Quinde Talacos fue de 75 cm y en Cuellaje fue de 50 cm (Anexo 3. Horizontes identificados).

### **3.1.2.3 Pendientes (Morfometría)**

Una vez determinadas las pendientes en cada sitio de la investigación se identificó al rango que pertenece según Beltrán (2006).

- *Plana*: Con un ángulo de 0° a 5° (0 a 9 %)
- *Suavemente ondulada*: con un ángulo de 5° a 10° (9 a 18 %)
- *Ondulada*: con un ángulo de 10° a 20° (18 a 37 %)
- *Montañosa*: con un ángulo de 20° a 30° (37 a 58 %)

- *Muy montañosa*: con un ángulo de 30° a 45° (58 a 100 %)
- *Escarpada*: con un ángulo mayor a 45° (> al 100 %)

<b>Morfometría</b>	<b>San Luis</b>	<b>Quinde Talacos</b>	<b>Cuellaje</b>
<b>%</b>	24	76	44
<b>Angulo</b>	13,50°	36°	23,75°
<b>Rango</b>	<i>Ondulada</i>	<i>Muy montañosa</i>	<i>Montañosa</i>

Elaborado por: Los autores

Cuadro 3. Pendientes en los tres sitios de estudio

## 3.2 Materiales

Se utilizó los siguientes materiales:

### **Materiales de campo**

- ⇒ Fundas para toma de muestras de pastos
- ⇒ Fundas para toma de muestras de suelo
- ⇒ Calibrador pie de rey
- ⇒ Cámara fotográfica
- ⇒ Cinta métrica
- ⇒ GPS
- ⇒ Tijera de podar

### **Materiales de laboratorio**

- ⇒ Balanza
- ⇒ Horno

### **Materiales de transferencia**

## 3.3 Métodos

### 3.3.1 Características del experimento

La presente investigación fue parte del proyecto Conservación Comunitaria de Bosques Nublados en la zona Cerro El Quinde, ejecutado por la junta parroquial de Selva Alegre, con el apoyo económico y técnico de la fundación PRODECI y PRODERENA con fondos de la UNION EUROPEA. El área de la parcela o unidad experimental fue de 5000 m<sup>2</sup> (50 x 100 m) (Anexo 4. Distribución espacial).

### 3.3.1.1 Manejo específico del experimento

El estudio comprendió las siguientes fases:

➤ **Delimitación del sitio**

El área sujeta a la investigación, fue alambrada en su perímetro, con el fin de evitar cualquier influencia o daño que pueda tener en el transcurso del trabajo.

➤ **Limpieza general**

Se realizó una limpieza de toda vegetación arbórea, arbustiva o herbácea que pueda afectar o alterar la investigación.

➤ **Análisis de suelo**

Se realizaron dos análisis de suelo, la primera antes del establecimiento de la investigación, y la segunda al final de la misma.

Las muestras fueron tomadas en base a cinco submuestras ubicadas en los extremos y en el centro del lote, las mismas que fueron mezcladas, de la cual se pesaron 500 g, fueron enviadas a LABONORT en la ciudad de Ibarra, para su respectivo análisis.

➤ **Señalamiento y marcación**

Los hoyos estuvieron ubicados a un espaciamiento de 10 m entre si, con un sistema de distribución de plantas al tres bolillo.

➤ **Apertura de hoyos**

Los hoyos tuvieron las dimensiones siguientes: 30 cm de ancho x 30 cm de largo x 30 cm de profundidad. Fueron construidos 10 días antes de la plantación, con el fin de lograr una buena aireación del hoyo y mejorar la cantidad de oxígeno presente en el suelo.

➤ **Plantación de especies forestales**

Las especies utilizadas fueron aliso y cedro tropical. La implantación se realizó el mes de mayo del 2008, utilizando plantas de la misma edad con cepellón, siguiendo recomendaciones técnicas adecuadas que permitan el desarrollo normal de las plantas.

➤ **Establecimiento de pastos (estolones)**

Los pastos fueron establecidos un día después de la plantación de las especies forestales a un distanciamiento de 0,50 m x 0,50 m, los pastos

utilizados fueron brachiaria y pasto miel. El material vegetativo de los pastos fueron adquiridos de potreros cercanos a las parcelas.

➤ **Toma de datos**

Las mediciones correspondientes a diámetro basal y altura se realizaron trimestralmente, en lo referente a diámetro de copa la medición fue al final de la investigación (12 meses).

➤ **Corte de pastos**

Se efectuó un solo corte de los pastos a los siete meses de edad, ya que se observó una floración mayor al 80 % en las dos especies.

➤ **Manejo**

Se realizaron limpiezas trimestrales de la corona (1 m de diámetro) alrededor de las especies forestales con el fin de evitar la competencia inicial con otro tipo de vegetación.

### **3.3.2 Variables evaluadas**

#### **3.3.2.1 Especies forestales**

**a. Supervivencia**

Para determinar la supervivencia, se contó el número de plantas vivas por parcela, determinando así la supervivencia en porcentaje.

**b. Altura**

Para determinar el incremento inicial en altura, al momento de plantar las especies forestales, se procedió a realizar la medición inicial, las mediciones se realizaron cada tres meses, con una regla graduada al centímetro completo, durante el tiempo que duró la investigación (12 meses).

**c. Diámetro basal**

El diámetro basal fue tomado con un calibrador pie de rey, a 5 cm de altura del cuello de la planta, al milímetro completo.

#### **d. Diámetro de copa**

El diámetro de copa fue medido al final de la investigación, para lo cual se utilizó un flexómetro, tomando dos mediciones de la proyección de la copa en sentido opuesto y calculando un diámetro promedio.

#### **e. Nitrógeno incorporado al suelo**

Se lo realizó mediante el análisis químico del suelo, para cada sitio se tomaron cinco sub muestras representativas de suelo, a una profundidad de 25 cm, se mezclaron todas las submuestras para obtener una muestra final, la cual fue llevada al laboratorio para determinar la cantidad de nitrógeno incorporado al suelo. Este análisis se lo realizó antes de establecer el ensayo y al final de la investigación.

### **3.3.2.2 En los pastos**

#### **a. Producción primaria**

Para determinar la producción primaria de los pastos brachiaria y pasto miel se utilizó la metodología de Paladines (1992).

Se cortó seis muestras al azar por pasto, utilizando un marco de madera de 0,25 m<sup>2</sup>, cortando todo el pasto que estuvo dentro del cuadrante, luego se pesó en verde, estas muestras fueron llevadas a una estufa donde a temperaturas de 70 °C se obtuvo pesos constantes, determinando así la producción primaria en kg biomasa/ha.

#### **b. Plagas y enfermedades**

La incidencia de plagas y enfermedades en los pastos brachiaria y pasto miel, se determinó al final de la investigación, se utilizó una escala sugerida por Paladines en 1992, para evaluar estos parámetros de la siguiente manera:

- |                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 1. Presencia de enfermedades o plagas | 0 al 5 %   |
| 2. Daño leve                          | 5 al 20 %  |
| 3. Daño moderado                      | 20 al 40 % |
| 4. Daño severo                        | > al 40 %  |

### 3.3.3 Diseño experimental

Se utilizó el diseño bloques al azar con tres repeticiones, aplicando el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- $\mu$  = Media común.
- $\tau_i$  = Efecto común de tratamiento.
- $\beta_j$  = Efecto de bloque.
- $\epsilon_{ij}$  = Error experimental.

### 3.3.4 Análisis estadístico

Para el análisis de varianza se utilizó la Prueba de Fisher “f2”, con la finalidad de determinar si existen diferencias estadísticas en las fuentes de variación motivo de análisis.

FV	SC	GL	CM	FC
Bloques/sitios	$\Sigma Y^2_j / t - F_c$	n-1	SCB/GL	CMB/CME
Tratamientos	$\Sigma Y^2_i / n - F_c$	t-1	SCT/GL	CMT/CME
Error Experimental	$(\Sigma \Sigma Y_{ij})^2 - \Sigma Y^2_j / t - \Sigma Y^2_i / n + F_c$	(n-1)(t-1)	SCE/GL	
Total	$(\Sigma \Sigma Y_{ij})^2 - F_c$	tn-1		

Elaborado por: Los autores

Donde:

- FV = Fuentes de variación
- SC = Suma de cuadrados
- GL = Grados de libertad
- CM = Cuadrado medio
- FC = Fisher calculado

La prueba de Duncan se aplicó a los promedios por tratamiento de las variables sobrevivencia, diámetro basal, altura, diámetro de copa.

### 3.3.5 Tratamientos

Formaron parte de los tratamientos:

- Número de especies forestales : 2
- Número de especies en pastos : 2

- Número de repeticiones : 3
- Plantas por unidad experimental : 57
- Tratamientos : 4

Tratamientos	Nombre científico de las especies
C + B = Cedro + Brachiaria	C: <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> + B: <i>Brachiaria decumbens</i>
C + S = Cedro + Pasto miel	C: <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> + S: <i>Setaria sphacelata</i>
A + B = Aliso + Brachiaria	A: <i>Alnus nepalensis</i> + B: <i>Brachiaria decumbens</i>
A + S = Aliso + Pasto miel	A: <i>Alnus nepalensis</i> + S: <i>Setaria sphacelata</i>

Elaborado por: Los autores

Se realizó el análisis de correlación para determinar el grado de asociación entre las variables dasométricas (diámetro basal - altura); (altura - diámetro de copa), también se efectuaron los análisis de regresión correspondientes.

**Lineal** :  $\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$

Donde:

$\hat{Y}_i$  = Variable dependiente

$X_i$  = Variable independiente

$b_0$  = Intercepción de la variable dependiente ( $\hat{Y}_i$ )

$b_1$  = Pendiente lineal, tasa de crecimiento

$R^2$  = Coeficiente de regresión o determinación

### 3.3.6 Determinación de costos

Para la determinación de costos se tomó en cuenta cada una de las actividades que incurre el establecimiento y mantenimiento del sistema.

Actividades:

1. Instalación del ensayo
  - Limpieza del terreno
  - Marcación y hoyado
  - Toma y análisis de muestras de suelo
  - Cercado de parcelas
  - Trazado de hileras para pastos
  - Compra de plántulas forestales
  - Compra de material vegetativo (estolones) de pastos

- Transporte de plántulas y pastos
2. Plantación
    - Plantación de plántulas
    - Siembra de pastos
  3. Mantenimiento
    - Limpias

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

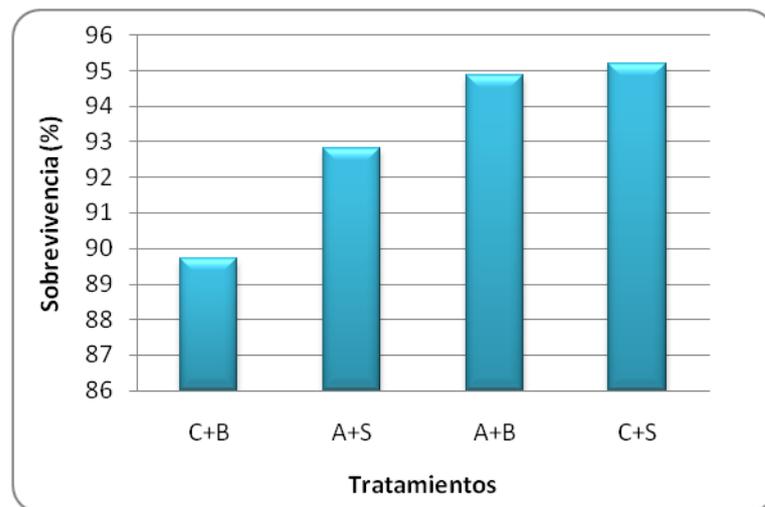
Para dar a conocer los resultados se presenta la codificación y descripción de los tratamientos.

C + B	=	Cedro tropical	+	Brachiaria
C + S	=	Cedro tropical	+	Pasto miel
A + B	=	Aliso	+	Brachiaria
A + S	=	Aliso	+	Pasto miel

#### 4.1 Sobrevivencia

La figura 5 muestra que el tratamiento C+S obtuvo la mayor sobrevivencia con 95,2 %, mientras que el tratamiento C+B con 89,73 % fue el menor a los doce meses de edad.

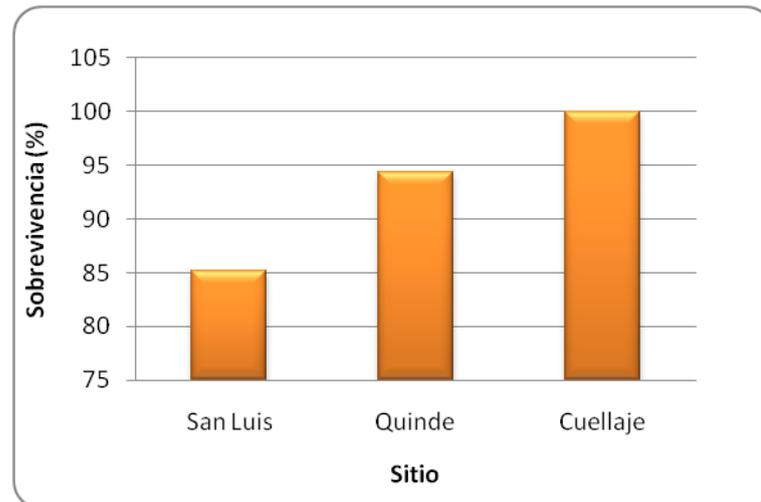
Al aplicar el análisis de varianza a los tres, seis y nueve meses de edad, no se observaron diferencias significativas para las fuentes de variación bloques y tratamientos. (Anexo 5 - 8). Mientras que a los doce meses de edad entre sitios se observaron diferencias significativas al 95 % de probabilidad estadística.



Elaborado por: Los autores

Figura 5: Sobrevivencia en porcentaje de las especies forestales en los tratamientos a los doce meses de edad.

En la figura 6 se muestra que Cuellaje presentó la mayor sobrevivencia con 100 %, mientras que San Luis obtuvo la menor con 85,2 % a los doce meses de edad, probablemente debido a que el suelo presenta un alto grado de compactación y debido al ramoneo del ganado vacuno en el aliso. Según la prueba de Duncan para sitios, Quinde Talacos y Cuellaje son estadísticamente similares, mostrándose diferentes con respecto a San Luis (Anexos 9 y 10).



Elaborado por: Los autores

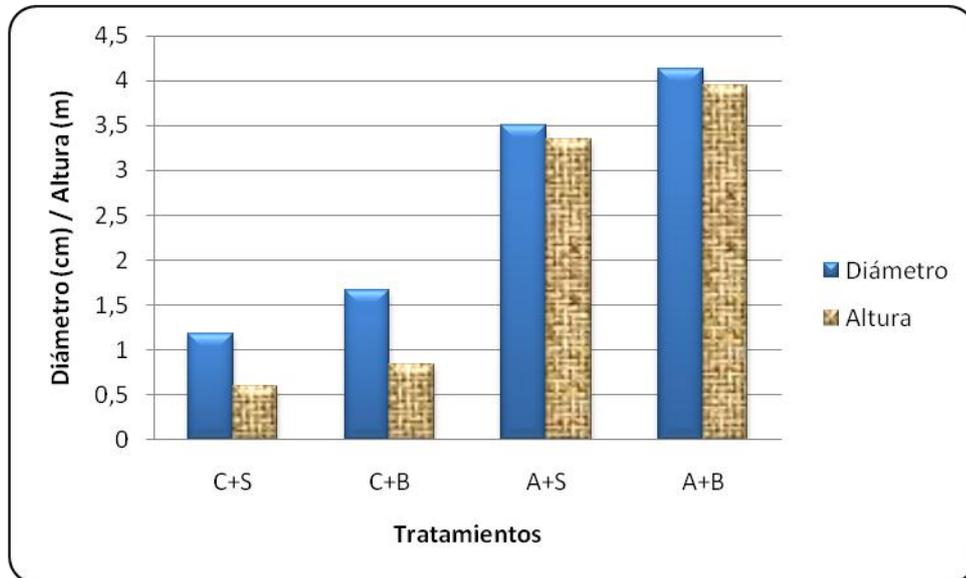
Figura 6. Sobrevivencia en los tres sitios

#### 4.2 Diámetro basal (cm) y altura (m)

La figura 7 muestra los resultados del crecimiento en diámetro basal y altura a los doce meses de edad de los tratamientos, donde A+B con 4,13 cm y 3,94 m, en diámetro basal y altura, respectivamente fue el de mayor crecimiento, mientras que el de menor crecimiento fue C+S con 1,18 cm para diámetro basal y 0.60 m para altura.

Del análisis de varianza para diámetro basal y altura se registran valores no significativos al 95 % de probabilidad estadística para la fuente de variación bloques o sitios durante todo el período de investigación. Mientras que para tratamientos con respecto a diámetro basal, la medición inicial y a los tres meses de edad no presentaron diferencias significativas; a los seis y nueve meses de edad se observó valores significativos al 95 % y altamente significativos al 99 % de probabilidad estadística a los doce meses. Para altura se registran valores

significativos al 95 % al inicio de la investigación, y altamente significativos al 99 % de probabilidad estadística a los tres, seis, nueve y doce meses de edad (Anexos 11 - 22).



Elaborado por: Los autores

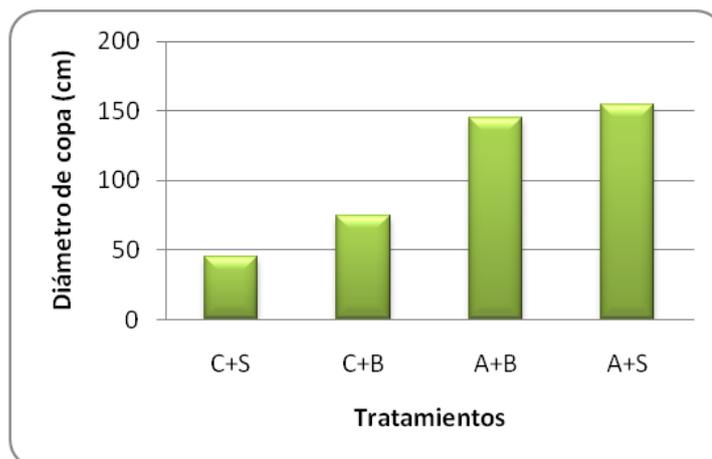
Figura 7: Diámetro basal (cm) y altura (m) a los doce meses de edad

Según la prueba de Duncan para diámetro basal y altura a los doce meses de edad, se evidenció que los tratamientos C+S y C+B son estadísticamente similares, los que presentaron el menor incremento, mientras que los tratamientos A+S y A+B presentaron un mayor incremento (Anexos 23 - 30).

### 4.3 Diámetro de copa (cm)

La figura 8 ilustra el diámetro de copa a los doce meses de edad, donde se puede observar que los tratamientos A+S con 154,77 cm, es el de mayor diámetro de copa, mientras que C+S con 44,74 cm es el menor.

Del análisis de varianza de diámetro de copa realizado a los doce meses de edad se registran valores no significativos al 95 % de probabilidad estadística para las fuentes de variación bloques y valores altamente significativos para tratamientos. (Anexos 31 y 32).



Elaborado por: Los autores

Figura 8: Diámetro de copa (cm)

De la prueba de Duncan se desprende que los tratamientos C+S y C+B son estadísticamente similares, los que presentaron el menor incremento en diámetro de copa, mientras que los tratamientos A+S y A+B estadísticamente son similares y presentaron un mayor diámetro de copa (Anexo 33).

#### 4.4 Correlación diámetro basal (cm) – altura (m) de los tratamientos

En el cuadro 4 se presenta el análisis de correlación realizado para los cuatro tratamientos, donde registran valores altamente significativos al 99 % de probabilidad estadística para todos los tratamientos.

Tratamientos	Correlación	Significancia	95 %	99 %
C + B	0,994	**	0,482	0,606
C + S	0,877	**	0,482	0,606
A + B	0,983	**	0,482	0,606
A + S	0,982	**	0,482	0,606

Elaborado por: Los autores

\*\* Altamente significativo

Cuadro 4. Correlación diámetro basal-altura a los doce meses

#### 4.5 Regresión lineal diámetro basal (cm) - altura (m)

En el cuadro 5 se presenta los análisis de la regresión lineal diámetro basal – altura total (m), se evidencia que el tratamiento A+B presenta el mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 98,67 %, mientras que el tratamiento C+S presenta el menor con 77,36 %.

	<b>Ecuación</b>	
Tratamiento	$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$	$R^2$
C + B	$\hat{Y}_i = -0,055 + 0,516 X_i$	95,60 %
C + S	$\hat{Y}_i = 0,031 + 0,354 X_i$	77,36 %
A + B	$\hat{Y}_i = -0,088 + 1,018 X_i$	98,67 %
A + S	$\hat{Y}_i = -0,048 + 0,959 X_i$	96,42 %

Elaborado por: Los autores

Cuadro 5. Regresión lineal diámetro basal - altura (m)

Al realizar los análisis de varianza de la regresión lineal por tratamiento se observa que todos presentan valores del F calculado altamente significativos al nivel del 99 % de probabilidad estadística, lo que establece coeficientes de determinación ( $R^2$ ) altos (Anexos 34 - 37).

#### 4.6 Correlación diámetro basal (cm) – altura (m), por especie forestal

En el cuadro 6 se presenta el análisis de correlación realizado para cada especie forestal (aliso y cedro tropical), se registran valores altamente significativos al 95 % de probabilidad estadística.

Especie	Correlación	Significancia	95%	99%
Cedro tropical	0,962	**	0,349	0,449
Aliso	0,983	**	0,349	0,449

Elaborado por: Los autores

\*\* Altamente significativo

Cuadro 6. Correlación diámetro basal (cm) – altura (m), por especie forestal

#### 4.7 Regresión lineal diámetro basal (cm) - altura (m) por especie forestal

En el cuadro 7 se presenta los análisis de la regresión lineal diámetro basal – altura (m) por especie forestal, se evidencia que la especie aliso presenta el mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 99,13 %, mientras que la especie cedro tropical presenta el menor con 96,22 %.

	<b>Ecuación</b>	
Especie	$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$	$R^2$
Cedro tropical	$\hat{Y}_i = -0,029 + 47,77 X_i$	96,22 %
Aliso	$\hat{Y}_i = -0,052 + 99,77 X_i$	99,13 %

Elaborado por: Los autores

Cuadro 7. Regresión lineal diámetro basal (cm) – altura (m) por especie forestal

En los análisis de varianza de la regresión lineal por especie forestal se observa que las dos especies presentan valores del F calculado altamente significativos al nivel del 99 % de probabilidad estadística, lo que establece coeficientes de determinación ( $R^2$ ) altos (Anexos 38 y 39).

#### 4.8 Correlación por sitios

De los resultados del análisis de varianza de sobrevivencia a los doce meses y aplicando la prueba de Duncan, se observa la similitud entre los sitios Cuellaje y Quinde Talacos, mientras que San Luis es diferente a los anteriores, por lo cual aplicamos correlación a San Luis y agrupando a Cuellaje – Quinde Talacos.

##### 4.8.1 Correlación diámetro basal (cm) – altura (m) en San Luis

En el cuadro 8 se presenta el análisis de correlación realizado desde la medición inicial hasta los doce meses de edad, en el sitio San Luis se registran valores no significativos al 95 % de probabilidad estadística para los tratamientos C+B y C+S, en la medición inicial.

Tratamiento	Correlación	Significancia	95 %	99 %
C + B	0,95	**	0,532	0,661
C + S	0,8	**	0,532	0,661
A + B	0,87	**	0,532	0,661
A + S	0,95	**	0,532	0,661

Elaborado por: Los autores

\*\* Altamente significativo

Cuadro 8. Correlación diámetro basal (cm) – altura (m) en San Luis

##### 4.8.1.1 Regresión lineal diámetro basal (cm) - altura (m) desde los tres meses hasta los doce meses de edad en San Luis

En el cuadro 9 se presenta los análisis de la regresión lineal diámetro basal (cm) – altura (m) en San Luis, se evidencia que el tratamiento A+B, presenta el mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 99,61 %, mientras que el tratamiento C+B presenta el menor con 93,32 %.

	<b>Ecuación</b>	
<b>Tratamiento</b>	$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$	<b>R<sup>2</sup></b>
C + B	$\hat{Y}_i = 0,05 + 18,30 X_i$	93,32 %
C + S	$\hat{Y}_i = 0,07 + 18,65 X_i$	99,18 %
A + B	$\hat{Y}_i = -0,18 + 102,04 X_i$	99,61 %
A + S	$\hat{Y}_i = -0,21 + 94,72 X_i$	95,47 %

Elaborado por: Los autores

Cuadro 9. Regresión lineal diámetro basal (cm) - altura (m) en San Luis

En los análisis de varianza de la regresión lineal por tratamientos en San Luis, se observa que todos los tratamientos presentan valores del F calculado altamente significativos al nivel del 99 % de probabilidad estadística, lo que establece coeficientes de determinación ( $R^2$ ) en el rango del 93,32 al 99,18 % (Anexos 40 - 43).

#### 4.8.2 Correlación diámetro basal (cm) – altura (m) en Quinde Talacos - Cuellaje

En el cuadro 10 se presenta el análisis de correlación realizado a los doce meses de edad de los sitios Quinde Talacos y Cuellaje se registran valores altamente significativos al 99 % de probabilidad estadística para todos los tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Correlación</b>	<b>Significancia</b>	<b>95 %</b>	<b>99 %</b>
C + B	0,899	**	0,374	0,479
C + S	0,929	**	0,361	0,463
A + B	0,820	**	0,374	0,479
A + S	0,846	**	0,361	0,463

Elaborado por: Los autores

\*\* Altamente significativo

Cuadro 10. Correlación diámetro basal (cm) – altura (m) en Quinde Talacos-Cuellaje

##### 4.8.2.1 Regresión lineal diámetro basal (cm) - altura (m) desde los tres meses hasta los doce meses de edad en Quinde Talacos - Cuellaje

En el cuadro 11 se presenta los análisis de la regresión lineal diámetro basal (cm) – altura (m) en Quinde Talacos - Cuellaje, se evidencia que el tratamiento C+B presenta el mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ) 98,83 %, mientras que el tratamiento C+S presenta el menor con 73 %.

	<b>Ecuación</b>	
<b>Tratamiento</b>	$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$	<b>R<sup>2</sup></b>
C + B	$\hat{Y}_i = -0,07 + 56,06 X_i$	98,83 %
C + S	$\hat{Y}_i = 0,06 + 40,81 X_i$	73 %
A + B	$\hat{Y}_i = -0,10 + 87,39 X_i$	95,48 %
A + S	$\hat{Y}_i = 0,03 + 96,62 X_i$	98,36 %

Elaborado por: Los autores

Cuadro 11. Regresión diámetro basal (cm) - altura (m) en Quinde Talacos – Cuellaje

En los análisis de varianza de la regresión lineal por tratamiento en Quinde Talacos y Cuellaje, se detecta que todos los tratamientos presentan valores del F calculado altamente significativo al nivel del 99 % de probabilidad estadística, lo que establece coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) altos (Anexos 44 - 47).

#### 4.9 Correlación diámetro de copa (cm) – altura (m) por especie forestal a los doce meses de edad

En el cuadro 12 se presenta el análisis de correlación diámetro de copa (cm) - altura (m) por especie forestal a los doce meses de edad en los tres sitios, se registran valores altamente significativos al 95 % de probabilidad estadística para el cedro tropical, mientras que para aliso su valor es no significativo.

<b>Especie</b>	<b>Correlación</b>	<b>Significancia</b>	<b>95%</b>	<b>99%</b>
Cedro tropical	0,911	**	0,707	0,834
Aliso	-0,958	ns	0,707	0,834

Elaborado por: Los autores

ns: no significativo \*\* Altamente significativo

Cuadro 12. Correlación diámetro de copa (cm) – altura (m) por especie forestal a los doce meses de edad

#### 4.10 Producción primaria de los pastos

##### 4.10.1 Producción primaria de brachiaria

Una vez observada el 90 % de floración del pasto brachiaria a los seis meses de la plantación, en Cuellaje se obtuvo una mayor producción primaria, mientras que en Quinde Talacos se obtuvo la menor, como se observa en el cuadro 13.

	San Luis	Quinde Talacos	Cuellaje
kg biomasa/ha	9337	6464	15300
Cobertura %	58	39	86
Altura promedio (m)	0,97	0,76	1,13

Elaborado por: Los autores

Cuadro 13. Producción primaria de brachiaria

#### 4.10.2 Producción primaria de pasto miel

Una vez observada el 90 % de floración del pasto miel a los seis meses de la plantación, en el sitio San Luis se obtuvo una mayor producción primaria, mientras que en Quinde Talacos se obtuvo la menor, como se observa en el cuadro 14.

	San Luis	Quinde Talacos	Cuellaje
kg biomasa/ha	10245	5484	8261
Cobertura %	47	26	38
Altura promedio (m)	1,04	0,91	1,22

Elaborado por: Los autores

Cuadro 14. Producción primaria de pasto miel

#### 4.11 Plagas y enfermedades en los pastos

En el pasto brachiaria se observó una presencia esporádica del salivazo (*Aeneolamia sp*), el cual no tuvo una afectación significativa, mientras que, en el pasto miel no existió la presencia de ninguna plaga. En cuanto a enfermedades en los pastos, no se observó ninguna.

En el pasto miel se observó una coloración purpura en las partes terminales de las hojas de la planta, evidenciando la deficiencia de nutrientes como fósforo (P) y azufre (S).

#### 4.12 Plagas y enfermedades en las especies forestales

Durante el período de la investigación no existió ningún tipo de plagas ni enfermedades en las especies forestales.

#### 4.13 Incremento de nitrógeno en el suelo

Una vez realizados los análisis químicos de suelo, al inicio y al final de la investigación, se obtuvieron los siguientes resultados.

#### **4.13.1 Incremento de nitrógeno en el tratamiento C+B**

En el tratamiento C+B, se puede observar que en Cuellaje existió un mayor incremento en nitrógeno con 2,79 ppm (6,98 kg/ha), mientras que en San Luis con 2 ppm (5 kg/ha).

#### **4.13.2 Incremento de nitrógeno en el tratamiento C+S**

En el tratamiento C+S, se puede observar que en Cuellaje existió un mayor incremento en nitrógeno con 2,19 ppm (5,46 kg/ha), mientras que en San Luis con 1,95 ppm (4,87 kg/ha).

#### **4.13.3 Incremento de nitrógeno en el tratamiento A+B**

En el tratamiento A+B, se puede observar que en Cuellaje existió un mayor incremento en nitrógeno con 24,16 ppm (60,40 kg/ha), mientras que en San Luis con 3,63 ppm (9,07 kg/ha).

#### **4.13.4 Incremento de nitrógeno en el tratamiento A+S**

En el tratamiento A+S, se puede observar que en San Luis existió un mayor incremento en nitrógeno con 19,08 ppm (47,5 kg/ha), mientras que en Cuellaje con 6,47 ppm (16,18 kg/ha).

### **4.14 Costos**

#### **4.14.1 Costos de establecimiento y manejo en el primer año**

Una vez concluida la investigación se llegó a determinar el costo de establecimiento y manejo en el primer año de una parcela silvopastoril dando un costo de 473,8 dólares americanos por media hectárea; por lo que para una hectárea será de 947,60 dólares americanos (Anexo 48).

#### **4.14.2 Costo total de la investigación**

El costo total de la investigación fue de 4040,56 dólares americanos, monto que fue financiado por la fundación PRODECI y la Junta Parroquial de Selva Alegre (Anexo 49).

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Sobrevivencia

A los doce meses de edad, el C+S obtuvo la mayor sobrevivencia con 95,2 %, mientras que C+B fue la menor con 89,73 %. Enríquez A. 2000, citado por Guzmán O. 2006, en Iquitos - Perú (precipitación: 1560 mm; altitud: 126 msnm), tuvo una sobrevivencia del 97 %, mayor a la observada en esta investigación.

El A+B alcanzó una sobrevivencia del 94,86 %, mientras que A+S, la sobrevivencia fue menor con 92,87 %. Barakoti T. 2001, en Dhankuta – Nepal (precipitación: 1350 mm; altitud: 1200 msnm), tuvo una sobrevivencia del 91 %, menor a la observada en esta investigación.

Diferencias que se puede atribuir a las diferentes condiciones edafoclimáticas de los sitios.

Con respecto a sitios la mayor sobrevivencia de las especies forestales a los 12 meses de edad, se dio en Cuellaje con un promedio de 100 %, mientras que en Quinde Talacos la sobrevivencia alcanzó un promedio de 94,4 %, por lo que estadísticamente estos sitios son similares; por lo que San Luis presentó la menor sobrevivencia con 85,2 %.

#### 5.2 Crecimiento en altura

En cuanto a los resultados de crecimiento en altura total a los 12 meses de edad presentaron diferencias significativas entre tratamientos al 95 % de probabilidad estadística, con un incremento corriente anual (ICA) de 3,71 m para el tratamiento A+B, siendo este el de mayor incremento, mientras que el tratamiento C+S presento el menor incremento con 0,49 m.

Evidenciando que la especie forestal con mayor crecimiento corriente anual promedio en altura fue aliso con 3,41 m, mientras que cedro tropical alcanzó 0,62 m, Cabe destacar que la plasticidad y adaptación inicial del aliso es excelente.

Según Barakoti T. en el 2001 en Dhankuta – Nepal. Aliso alcanzó un crecimiento promedio de 1,90 m de altura total en el primer año. Por lo que el crecimiento en altura de aliso en esta investigación fue mayor al obtenido por Barakoti T. en el

2001. Es probable que la fertilidad inherente del suelo, del área en investigación fue mejor.

Según Enríquez A. 2000, citado por Guzmán O. 2006, en Iquitos – Perú, cedro tropical alcanzó un crecimiento promedio de 5 m de altura total en el primer año. En la especie cedro tropical el crecimiento fue menor al obtenido por Guzmán en el 2006.

### **5.3 Crecimiento en diámetro basal**

Los resultados de crecimiento en diámetro basal presentaron diferencias significativas entre tratamientos al 95 % de probabilidad estadística a los 12 meses de edad, con un incremento corriente anual (ICA) de 3,79 cm para el tratamiento A+B, siendo este el de mayor incremento, mientras que el tratamiento C+S presentó el menor incremento con 0,91 cm.

Evidenciando que la especie forestal con mayor crecimiento corriente anual promedio en diámetro basal fue aliso con 3,49 cm, mientras que cedro tropical alcanzó 1,14 cm.

Según Barakoti T. en el 2001 en Dhankuta-Nepal, el aliso alcanzó un crecimiento promedio de 2,14 cm de diámetro basal en el primer año, siendo menor al de esta investigación.

Según Enríquez A. 2000, citado por Guzmán O. 2006, en Iquitos - Perú, cedro tropical alcanzó un crecimiento promedio de 6,3 cm de diámetro basal en el primer año, siendo mayor al de esta investigación.

### **5.4 Crecimiento en diámetro de copa**

El tratamiento A+S, presentó el mayor diámetro de copa (154,77 cm), mientras que C+S fue el de menor (44,74 cm). Este resultado se atribuye al rápido crecimiento de aliso y no hubo incidencia del pasto hacia esta especie.

El diámetro de copa expresado en centímetros a los doce meses de edad no presentó diferencias significativas para bloques o sitios al 95 % de probabilidad estadística (2,78), lo que implica que el crecimiento en diámetro de copa es similar en los sitios. En cuanto a los tratamientos presentan diferencias significativas al 99 % de probabilidad estadística (14,31), lo que indica que existe diferencias entre tratamientos.

## **5.5 Productividad primaria de los pastos**

### **Brachiaria**

De los datos obtenidos de producción primaria del pasto brachiaria, se puede observar que la mayor producción se dio en Cuellaje con 15300 kg biomasa/ha, mientras que en Quinde Talacos se observó la menor producción primaria con 6464 kg biomasa/ha, en San Luis fue de 9337 kg biomasa/ha. La baja producción de pasto en el sitio Quinde Talacos se puede atribuir a la baja fertilidad del suelo entre los tres sitios por lo que se demuestra en los análisis químicos de suelos (Anexo 2).

Gonzales E (1997), en el estudio Establecimiento de pasturas por regiones en el Ecuador, en Puyo (precipitación: 3900 mm; altitud: 952 msnm) obtuvo una producción primaria promedio de 13200 kg biomasa/ha en diferentes localidades; mientras que Rincón A (2002) en los llanos orientales de Colombia obtuvo 1817 kg biomasa/ha.

Por lo que en Cuellaje hubo la mayor producción primaria superando a lo obtenido por Gonzales 1997, y siendo inferior a Quinde Talacos y San Luis.

### **Pasto miel**

De los datos obtenidos de producción primaria del pasto setaria, se puede observar que la mayor producción se dio en San Luis con 10245 kg biomasa/ha, mientras que en Quinde Talacos se observó la menor producción primaria con 5484 kg biomasa/ha, en Cuellaje fue de 8261 kg biomasa/ha. La baja producción de pasto en Quinde Talacos se puede atribuir a un posible sobrepastoreo, y a la baja fertilidad del suelo entre los tres sitios por lo que se demuestra en los análisis químicos de suelos (ver anexo 2).

Mas C (2007), según mediciones de producción primaria en el departamento de Treinta y Tres – Uruguay (precipitación: 990 mm; altitud: 58 msnm) realizadas en suelos de baja fertilidad se obtuvo 9000 kg biomasa/ha.

Balbuena O (1999), al este del Chaco en Benítez – Argentina (precipitación: 1200 mm; altitud: 90 msnm), obtuvo una producción primaria de 10000 kg biomasa/ha. Por lo que en San Luis hubo la mayor producción primaria superando a lo obtenido por Mas 1997 y Balbuena 1999, y siendo inferior a Quinde Talacos y Cuellaje.

## 5.6 Nitrógeno incorporado al suelo

Según los análisis químicos de suelos realizados al inicio y al final de la investigación se evidencia que los tratamientos A+B y A+S incorporaron mayor cantidad de nitrógeno con valores de 60,40 kg/ha y 47,5 kg/ha respectivamente, afirmando con estos resultados que el aliso (*Alnus nepalensis*) es una especie que aporta nitrógeno al suelo. Mientras que los tratamientos que fueron asociados con *brachiaria* se observó que existe mayor aporte de nitrógeno, posiblemente por que su aporte en materia orgánica indirectamente se refleja en la cuantificación del nitrógeno.

Comparando entre sitios se evidenció que en Cuellaje los tratamientos C+B, C+S y A+B, existió mayor incremento de nitrógeno (N) que en San Luis, mientras que el tratamiento A+S en San Luis fue el mayor. Resultados que se pueden atribuir a la mayor presencia de fósforo (P) en el suelo, ya que Quiroga A y Bono A (2008). afirman que sin la cantidad de fosforo adecuado, las fijadoras de nitrógeno como el aliso no son muy efectivas. Por ejemplo *Alnus rubra* dobló su producción vegetativa y aumento cuatro veces su fijación de nitrógeno con fertilización de fósforo, la escasez de estos elementos químicos básicos son el resultado de un crecimiento que oscila entre bajo a mediano y la recuperación del suelo se torna mas lenta.

Paspuel L. 1993 en el estudio Evaluación del crecimiento del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) en asocio con kikuyo (*Pennisetum clandestinus*) en Conocoto – Quito (precipitación: 1564 mm; altitud 2550 msnm) obtuvo un aporte de nitrógeno de 240 kg/ha, siendo mayor al de esta investigación.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación se derivan las siguientes conclusiones.

- ✿ La sobrevivencia en esta investigación fue alta, oscila entre 85.2 y 100 %, que para plantaciones forestales puras y asociadas se la considera excelente.
- ✿ El mayor crecimiento en diámetro basal y altura total alcanzó el tratamiento A+B (*Alnus nepalensis* + *Brachiaria decumbens*), presentando un incremento promedio de 3,79 cm y 3,71 m respectivamente a los doce meses de edad, además no se detectó afectación a causa del asocio con brachiaria, esta especie forestal demostró excelentes resultados en el sistema.
- ✿ La mayor producción promedio alcanzó el pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens*) con 10367 kg biomasa/ha, mientras que el pasto miel (*Setaria sphacelata*) tuvo la menor con 7997 kg biomasa/ha. Se atribuye este resultado, que el pasto brachiaria tuvo mayor índice de cobertura debido a su habito de crecimiento.
- ✿ De los análisis químicos de suelos efectuados al inicio y al final de la investigación, se concluye que el sistema A+B (*Alnus nepalensis* + *Brachiaria decumbens*) fue el que tuvo mayor aporte de nitrógeno al suelo, evidenciándose que el asocio entre aliso y brachiaria son adecuados para las condiciones de suelo y clima del área de investigación.
- ✿ El costo de establecimiento y manejo de una hectárea de este sistema silvopastoril fue de 947,6 dólares americanos. No existió diferencias económicas entre sitios y tratamientos.

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- ✿ Continuar con las evaluaciones de las especies forestales aliso y cedro tropical; así como también sobre la producción de los pastizales.
  
- ✿ Para sitios que presentan condiciones ecológicas similares al lugar donde se desarrolló la investigación, se recomienda la asociación de aliso (*Alnus nepalensis*) con brachiaria (*Brachiaria decumbens*). Cabe destacar que la especie forestal por su rápido crecimiento, coadyuva a la conservación de suelos, fija nitrógeno, disminuye los riesgos de la erosión que se presenta de diferentes formas.
  
- ✿ Difundir las ventajas y desventajas del establecimiento y manejo de los sistemas silvopastoriles ya que fomentan pequeños corredores biológicos, generando información y metodologías locales para la conservación de los recursos naturales.

## CAPÍTULO VIII

### RESUMEN

La investigación titulada “Comportamiento inicial de aliso (*Alnus nepalensis* D. Don) y cedro tropical (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arn), asociados con brachiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf) y pasto miel (*Setaria sphacelata* (Schumach) Stapf & C.E. Hubb)”; se realizó en la provincia de Imbabura, cantones Cotacachi y Otavalo, parroquias Cuellaje (1900 msnm) y Selva Alegre (1600 msnm), zona de Intag; con precipitaciones de 1797,2 mm/año y 2191,4 mm/año; temperaturas de 17 °C y 18,7 °C respectivamente. La información climática determina que la zona de vida según Holdridge, corresponde a bosque húmedo Premontano (bh-PM). Los suelos son de aptitud agrícola con un pH ligeramente ácido, con pendientes que oscilan entre 24 % a 76 %.

El objetivo general fue determinar el comportamiento de especies arbóreas y gramíneas integrando un sistema silvopastoril.

Objetivos Específicos:

- Determinar la sobrevivencia y crecimiento inicial en altura, diámetro basal y diámetro de copa de aliso y cedro tropical.
- Determinar la productividad primaria de los pastos brachiaria y pasto miel.
- Determinar la cantidad de nitrógeno incorporado al suelo por las especies forestales en el sistema.
- Determinar costos de establecimiento y mantenimiento del sistema silvopastoril en el primer año.

Se empleó el diseño experimental Bloques al azar con tres repeticiones (sitios). Para el análisis de varianza se utilizó la prueba de Fisher “f2”, para discriminar los tratamientos.

Los tratamientos investigados fueron:

Tratamientos	Nombre científico de las especies
C + B = Cedro + Brachiaria	C: <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> + B: <i>Brachiaria decumbens</i>
C + S = Cedro + Pasto miel	C: <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> + S: <i>Setaria sphacelata</i>
A + B = Aliso + Brachiaria	A: <i>Alnus nepalensis</i> + B: <i>Brachiaria decumbens</i>
A + S = Aliso + Pasto miel	A: <i>Alnus nepalensis</i> + S: <i>Setaria sphacelata</i>

Los resultados obtenidos al final de la investigación fueron los siguientes:

La mayor sobrevivencia a los doce meses de edad presentó el aliso y cedro tropical en Cuellaje, con un porcentaje de 100 %; mientras que en San Luis la sobrevivencia fue de 85,2 %.

El mayor crecimiento en diámetro basal y altura alcanzó el tratamiento A+B, presentando un incremento promedio de 3,79 cm y 3,71 m respectivamente a los doce meses de edad; el aliso mostró un mayor crecimiento en esas condiciones edafoclimáticas, no fue afectado por el asocio con brachiaria; consecuentemente esta especie forestal mostró excelentes resultados en el sistema.

El promedio mayor de producción primaria alcanzó el pasto brachiaria con 10367 kg de biomasa/ha; el pasto miel tuvo una producción de 7997 kg de biomasa/ha.

De los análisis físicos - químicos de suelos efectuados al inicio y al final de la investigación, se determinó que el tratamiento A+B mostró un mayor aporte de nitrógeno, evidenciándose que el asocio entre aliso y brachiaria son adecuados para las condiciones de suelo y clima del área de investigación.

El costo de establecimiento y manejo/ha del sistema silvopastoril fue de 947.6 dólares americanos.

Se recomienda continuar con las evaluaciones de crecimiento en altura, dap, diámetro de copa, estado fitosanitario de las especies forestales aliso y cedro tropical; así como también sobre la producción de los pastizales.

Cabe destacar que el aliso por su rápido crecimiento, coadyuva a la conservación de suelos, fija nitrógeno, disminuye los riesgos de erosión que se presentan de diferentes formas.

Difundir las ventajas del establecimiento y manejo de los sistemas silvopastoriles ya que fomentan pequeños corredores biológicos, generando información y metodologías locales para la conservación de los recursos naturales.

## CAPÍTULO IX

### SUMMARY

The investigation named, "Initial performance of the aliso (*Alnus nepalensis* D. Don) and cedro tropical (*Acrocarpus fraxinifolius* Wight et Arn), associated with brachiaria (*Brachiaria decumbens* Stapf) and honey pasture (*Setaria sphacelata* (Schumach) Stapf & C.E. Hubb)" that was held in the province of Imbabura, Cotacachi, and Otavalo, and small towns such as Cuellaje (1900 msnm), Selva Alegre (1600msnm) and Intag with rainfall of 1797,2 mm / year 2191.4 mm / year, temperatures of 17 °C and 18.7 °C according to the Holdridge life zone, and wet forest (bh-PM). The soils are suited to agriculture with a slightly acidic pH, with slopes ranging from 24 % to 76 %.

The overall goal was to determine the behavior of tree species and grasses integrating a silvopastoral system.

Specific goals:

- ✿ To determine the initial survival and growth in a total height with a basal diameter and crown diameter of aliso and cedro tropical.
- ✿ To determine the primary productivity of pasture brachiaria and pasto miel.
- ✿ To determine the amount of nitrogen incorporated into the soil by the forest species in the system.
- ✿ To determine costs of establishment and maintenance of silvopastoral system in the first year.

We employed random block experimental design with three replications; for the analysis of variance test was used Fisher "f2" to determine which treatment fits the best.

The treatments were:

C + B = Cedro + Brachiaria	C: <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> + B: <i>Brachiaria decumbens</i>
C + S = Cedro + Pasto miel	C: <i>Acrocarpus fraxinifolius</i> + S: <i>Setaria sphacelata</i>
A + B = Aliso + Brachiaria	A: <i>Alnus nepalensis</i> + B: <i>Brachiaria decumbens</i>
A + S = Aliso + Pasto miel	A: <i>Alnus nepalensis</i> + S: <i>Setaria sphacelata</i>

The Duncan test was used to analyze 95 % the treatment means. The results at the end of the investigation were:

The greatest survival from the installation to twelve months of age was the alder and cedar tropical that was given in Cuellaje with a percentage of 100 %, while in San Luis the survival was 85,2 % due to the presence of cattle, especially the aliso.

The greatest growth in the basal diameter and in the total height was reached the treatment A+B, representing an average of 3,79 cm and 3,71m respectively. At the twelve months of age and because the aliso showed a higher growth in these conditions, and it was not affected with the brachiaria, this extraordinary specie gave an excellent results in the system.

The largest average production reached the brachiaria 10367 kg biomass / ha, while the pasto miel had the lowest at 7997 kg biomass / ha. Therefore, the result is attributed to the brachiaria pasture that had the highest percentage of coverage due to their habit of growth.

From the soil chemical analysis made at the beginning and at end of the investigation, it is conclude that the treatment A+B was the one that had the greater input of nitrogen to the soil; also, it is conclude that the association between alder and brachiaria are appropriate for the soil conditions and climate from the area of research.

The cost for the establishment and management from one hectare of the silvopastoril system was U.S. \$ 947,6. There were not any economic differences between sites and treatments.

It is recommended to continue assessments of growth in height (diameter that is measure from the chest), crown diameter, plant health of the aliso and cedro tropical species as well as on the production of pasturelands.

For sites that that present ecological conditions similar to where the research was developed, it is recommended the association of aliso with brachiaria, it is remarkable that the forest species by its rapid growth, contributes to the conservation of soil, fixes nitrogen, and reduces the risk of erosion that occurs in different ways.

Promote the advantages and disadvantages of the establishment and management of silvopastoril systems since that forms small biological corridors, generating local information and methodologies for the conservation of natural resources.

## CAPÍTULO X

### BIBLIOGRAFÍA

1. **BALBUENA O, 1999.** Producción primaria y secundaria de cuatro pasturas sub tropicales adaptadas al este del Chaco. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Colonia Benítez – Chaco – Argentina. Pág. 14.
2. **BARAKOTI T, 2001.** Crecimiento de Uttis (*Alnus nepalensis*) seguimiento en un ensayo de plantación en Pakhribas, Dhankuta – Nepal. Pág. 23-30.
3. **BELTRAN G, 2006.** Componente físico (abiótico) de la Reserva Ecológica Cotacahi-Cayapas. Plan de manejo de la RECC Pág. 26-32.
4. **BOLIVAR D, IBRAHIM M, 1999.** Características Químicas de un Suelo Ácido y Composición Mineral de *Brachiaria humidicola* bajo un Sistema Silvopastoril con *Acacia mangium*. Agroforestería en las Américas. Pág. 56.
5. **CARVALHO M, 1997.** Asociaciones de pasturas con árboles en la región centro sur del Brasil (en línea). Brasil. Archivos de documentos de la FAO. Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/silvopastoral/documentos>.
6. **CRESPO G; RODRIGUEZ I; SANCHEZ R, 1999.** Influencia de *Albizia lebbek* y *Leucaena leucocephala* en indicadores del Suelo, el Pasto y los Animales en Sistemas Silvopastoriles, Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible (1er/1999, Cali, Colombia). Memorias (en línea). Cali, CO. CIPAV, Disponible en: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99>.

7. **CROWDER L; 1960.** Gramíneas y Leguminosas Forrajeras en Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Ediciones ICA, boletín técnico N° 8. Pág. 26 -27.
8. **DUKE J, 1983.** Manual de cultivos energéticos. Birmania. FAO, boletín técnico N° 32. Pág. 102 – 103.
9. **ESCOBAR O, 2003.** Evaluación de Gramíneas, Leguminosas herbáceos y Arbustivas en Cuatro Sistemas Agrosilvopastoriles Durante el Establecimiento, en Seis Localidades de la Amazonía Ecuatoriana. Ibarra – Ecuador. Pág. 15 – 26.
10. **FOTH H, 1992.** Fundamentos de la ciencia del suelo. México, D.F. ME. Continental. Pág. 433.
11. **GIRALDO L, 1995.** Potencial del guácimo como componente forrajero. Silvopastoreo: alternativa para mejorar la sostenibilidad y competitividad de la ganadería colombiana, Bogotá - Colombia, Pág. 187 - 205.
12. **GONZALES E, 1997.** Establecimiento de pasturas por regiones en el Ecuador. INIAP. Puyo – Ecuador. Pág. 5.
13. **GUZMAN O, 2006.** Cedro rosado de la India, El árbol mágico, colección Agroforestería y reforestación, Lima Perú. Pág. 39-42.
14. **HERNANDEZ M, SANCHEZ S, 1998.** Aporte del follaje arbóreo en la producción de guinea y en la fertilidad del suelo. III Taller Internacional Silvopastoril. Los árboles y arbustos en la ganadería. Matanzas, CU. Pág. 130.
15. **INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIAP), ESTACIÓN EXPERIMENTAL**

**NAPO - PAYAMINO, 1997.** Manual de Pastos Tropicales Para la Amazonía Ecuatoriana, Imprimax, Sección de comunicaciones del INIAP, Manual No 33, Quito –Ecuador. Pág. 25 – 26.

16. **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA.** Anuario meteorológico, Quito-Ecuador. Ministerio de Recursos Naturales y Energía, 2006.
17. **LITTLE, 1983.** Manual de Especies Energéticas. McClain Printing Company, USA. Pág. 69 – 70.
18. **MAS C, 2007.** Programa Nacional Pasturas y Forrajes. Revista INIA, Bogotá - Colombia. Editorial ABC, Pág. 5 – 6.
19. **NAIR P, 1997.** Agroforestería. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo – Mexico. Editorial universitario. Pág 543.
20. **NAPIER I, 1989.** Bosque de semillas y vivero, práctica en Nepal. Proyecto de Investigación Forestal del Reino Unido, Katmandú - Nepal. Pág. 35 – 36.
21. **PALADINES O, 1992.** Medida de la producción primaria de los pastizales. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito – Ecuador. Pág. 1-3.
22. **PASPUEL L, 1993.** Evaluacion del crecimiento del aliso (*Alnus acuminta* H.B.K.) en asocio con kikuyo (*Pennisetum clandestinus*). Conocoto – Quito. Anexo 5.
23. **PECK D, 2003.** Biología y hábitos de *Aeneolamia reducta* y *A.lepidior* en la Costa Caribe de Colombia. Pasturas Tropicales. Universidad Nacional de Colombia. Pág. 16-26.

24. **PEZO D e IBRAHIN M, 1999.** Sistemas silvopastoriles: colección módulos de enseñanza agroforestal N° 2. CATIE. Segunda edición, Turrialba - Costa Rica. Pág. 275-279.
25. **QUIROGA A y BONO A, 2008.** Manual de fertilidad y evaluación de suelos. INTA. Editorial ABC, Bogotá – Colombia. Pág. 88.
26. **RINCON A, 2002.** Rehabilitación de pasturas y producción animal en *Brachiaria decumbens* en la altillanura plana de los llanos orientales de Colombia. Editorial CORPOICA. Pág. 12.
27. **RUSSO R, BOTERO R, 1999.** El componente arbóreo como recursos forrajero en los sistemas silvopastoriles. Mercedes de Gúacimo, CR, EARTH. Pág 16p.
28. **SOLORZANO N, 1998.** Efectos del Saman (*Samanea saman* Jacq. Merrill) sobre la fertilidad del suelo en un pastizal de (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) en Portuguesa. Revista Forestal, Caracas – Venezuela, Pág. 42 - 43.
29. **TERRANOVA, 2001.** Producción Agrícola 2, Enciclopedia Agropecuaria, Segunda Edición, Terranova Editores S.A. Bogota-Colombia. Pág. 370 - 371.
30. **WHITMORE J, 1976.** *Acrocarpus fraxinifolius*, Especie de rápido crecimiento inicial. Separata de Turrialba Vol. 26, Turrialba-Costa Rica. Pág. 201-204.
31. **YOUNG A, 1989.** Agroforestry for soil conservation: science and practice. Nairobi, Keny. CAB – International and ICRAF. Pág. 276.