

EFFECTO DE SAUCE (*Salix humboldtii*) SOBRE KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) EN ARREGLOS SILVOPASTORILES EN EL VALLE DEL SIBUNDOY, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**FABIAN ANDRES JARAMILLO
MARIO EDUARDO MAYORAL NAVARRO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
POPAYAN
2010**

EFFECTO DE SAUCE (*Salix humboldtii*) SOBRE KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) EN ARREGLOS SILVOPASTORILES EN EL VALLE DEL SIBUNDOY, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**FABIAN ANDRES JARAMILLO
MARIO EDUARDO MAYORAL NAVARRO**

Trabajo de grado en la modalidad de Investigación como requisito para optar al título de Ingeniero Forestal

**Directores
M.Sc. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA
Ing. JOSE FRANCO ALVIS**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
POPAYAN
2010**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Los directores y los jurados han revisado este documento; han asistido a la sustentación del mismo por sus autores y lo consideran satisfactorio.

Director trabajo de grado
NELSON VIVAS QUILA M. Sc.

Director trabajo de grado
Ing. FRACO ALVIS

Ing. ROMÁN OSPINA
Presidente del jurado

Ing. Elkin Rendon
Jurado

Popayan, 22 de Noviembre de 2010

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la fuerza y la sabiduría para el desarrollo de este trabajo y a nuestras familias por su comprensión, su paciencia y ayuda incondicional.

A los profesores Nelson Vivas y José Franco Alvis, directores del trabajo por su orientación y ayuda durante nuestra formación profesional y en el desarrollo de la investigación.

A la Fundación Opción Putumayo, por su colaboración en el desarrollo del trabajo de campo.

A cada una de las personas que de una u otra forma contribuyeron al desarrollo y conclusión de esta investigación.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 AGROFORESTERÍA	15
1.1.1 Sistemas agroforestales	15
1.1.2 Los sistemas silvopastoriles	15
1.1.2.1 Ventajas de los sistemas silvopastoriles	15
1.2 GENERALIDADES DEL SAUCE (<i>Salix humboldtii</i>)	16
1.2.1 Clasificación taxonómica	16
1.2.2 Descripción	17
1.2.3 Aspectos fisiológicos	17
1.2.4 Uso del sauce en sistemas ganaderos	17
1.2.5 Otros usos del sauce	18
1.3 GENERALIDADES DEL KIKUYO (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	19
1.3.1 Clasificación taxonómica	19
1.3.2 Descripción	19
1.3.3 Aspectos fisiológicos	20
1.4 EFECTO DE LA SOMBRA SOBRE EL ESTRATO HERBÁCEO	20
1.4.1 Sombreamiento de estrato herbáceo	21
1.5 LA CUBIERTA ARBÓREA Y CONDICIONES MICROCLIMÁTICAS	21
1.5.1 Tipos de sombra	21
1.5.2 Tipos de copa	22

	pág.
1.5.3 El vuelo forestal como mitigador de contrastes climáticos	23
1.5.4 Las precipitaciones horizontales	23
1.5.5 El rocío y precipitaciones ocultas	24
1.5.6 Cubierta forestal y precipitaciones torrenciales	24
1.6 CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA	24
1.7 SITUACIÓN GANADERA EN EL VALLE DE SIBUNDOY	24
1.8 SITUACIÓN DEL SECTOR FORESTAL EN VALLE DE SIBUNDOY	25
1.9 ANTECEDENTES	25
2. METODOLOGÍA	29
2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	29
2.2 EVALUACION DEL EFECTO DE <i>S. humboldtii</i> SOBRE <i>P. clandestinum</i>	29
2.2.1 Fase de campo	30
2.2.2 Fase de laboratorio	33
2.2.3 Etapa de análisis	33
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
3.1 ÁRBOLES SELECCIONADOS	34
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL <i>P. clandestinum</i> BAJO EL DOSEL DE <i>S.humboldtii</i>	34
3.3 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EVALUADAS	35
3.3.1 Análisis de los parámetros climatológicos	35

	pág.
3.3.1.1 Evaluación de la penetración lumínica de la especie <i>S. humboldtii</i>	37
3.3.1.2 Temperatura ambiental bajo la especie <i>S. humboldtii</i>	37
3.3.1.3 Humedad relativa bajo el dosel de <i>S. humboldtii</i>	38
3.3.2 Análisis de los parámetros productivos	39
3.3.2.1 Altura alcanzada por la especie <i>P. clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra de la especie <i>S. humboldtii</i>	40
3.3.2.2 Materia seca y forraje verde de <i>P. clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra del <i>S. humboldtii</i>	41
3.3.2.3 Evaluación del comportamiento del vigor de <i>P. clandestinum</i> bajo la cubierta de <i>S. humboldtii</i>	43
3.4 MODELO DE ESTABLECIMIENTO DEL ARREGLO SILVOPASTORIL	43
3.4.1 Características de la especie <i>S. humboldtii</i> en la zona de estudio	44
3.4.2 Criterio estructural del sistema silvopastoril	44
3.4.3 Criterio ecológico del sistema silvopastoril	46
3.4.4 Criterio funcional	48
4. CONCLUSIONES	50
5. RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	55

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Fincas seleccionadas en el valle de Sibundoy	30
Tabla 2. Tabla con número de árboles por finca	34
Tabla 3. Características del <i>P. clandestinum</i> bajo el dosel de <i>S. humboldtii</i>	35
Tabla 4. Resultado comparativo de las variables climatológicas evaluadas	36
Tabla 5. Análisis descriptivo de las variables climatológicas	36
Tabla 6. Análisis descriptivo de las variables productivas de <i>P. clandestinum</i> bajo la sombra y a libre exposición	40
Tabla 7. Análisis descriptivo de las variables dasométricas de la especie <i>S. humboldtii</i>	44
Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la variable sombra de <i>S. humboldtii</i>	45
Tabla 9. Proyección del volumen de los árboles seleccionados	47
Tabla 10. Análisis descriptivo de la capacidad de carga de <i>P. clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra de <i>S. humboldtii</i>	49

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la especie <i>S. humboldtii</i>	16
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la especie <i>P. clandestinum</i>	19
Cuadro 3. Composición nutricional de follaje de sauce y henolaje de pasto Kikuyo	28
Cuadro 4. Principales recursos forestales conservados en sistemas silvopastoriles	47
Cuadro 5. Productos y servicios de los sistemas silvopastoriles	49

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. <i>Salix humboldtii</i>	16
Figura 2. <i>Pennisetum clandestinum</i>	19
Figura 3. Patrones de sombra según distribución arbórea	22
Figura 4. Formas de copa	23
Figura 5. Correlación luminosidad vs materia seca	26
Figura 6. Variación de la penetración de la luz a través de las especies arbóreas	27
Figura 7. Localización de la zona de estudio	29
Figura 8. Variación de la penetración lumínica de la especie <i>S. humboldtii</i>	37
Figura 9. Variación porcentual de la temperatura dentro y fuera del área de copa de la especie <i>S. humboldtii</i>	38
Figura 10. Variación de la humedad dentro y fuera del área de sombra	39
Figura 11. Altura alcanzada por la especie <i>P. clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra de la especie <i>S. humboldtii</i>	41
Figura 12. Contenido materia seca (gr/m ²) de <i>P. clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra de la especie <i>S. humboldtii</i>	42
Figura 13. Producción de forraje verde (gr/m ²) de <i>P. clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra de <i>S. humboldtii</i>	42
Figura 14. Vigor del <i>P. clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra de <i>S. humboldtii</i>	43

	pág.
Figura 15. Representación esquemática del arreglo temporal simultaneo entre <i>S.humboldtii</i> y <i>P. clandestinum</i>	45
Figura 16. Arreglo silvopastoril	46
Figura 17. Capacidad de carga del <i>P.clandestinum</i> dentro y fuera del área de sombra de <i>S. humboldtii</i>	48

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Georreferenciación de las fincas evaluadas	55
Anexo B. Ubicación de las fincas seleccionadas en el municipio de Colón	56

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos en el trópico están caracterizados por una baja eficiencia en el uso del suelo además generan un gran deterioro ambiental debido a la deforestación, las quemas, la erosión, la pérdida de la biodiversidad y la inequidad social, son factores que han hecho que la ganadería bovina sea vista como un sector productivo que atenta contra la sostenibilidad ecológica mundial; además la implementación de sistemas silvopastoriles, no ha tenido acogida debido a la creencia general que el pasto escasea por la influencia de los árboles, factor que puede ser cierto en sistemas de alta densidad arbórea o cuando se utilizan árboles con una cobertura de copa muy amplia, muy tupida o árboles de gran altura, lo cual dificulta la penetración de los rayos del sol hacia la pastura asociada, de igual manera, puede verse deteriorada la pastura asociada cuando se utilizan especies forrajeras que son susceptibles a la sombra (Mahecha, 2003).

Es necesario que la investigación dirija su atención hacia los árboles en los sistemas ganaderos, hacia sus posibilidades de hacer un uso más completo y eficiente de los nutrientes presentes en el suelo y hacia las innumerables ventajas adicionales como regulación hídrica, mitigación del estrés calórico de los animales, captación de CO₂ atmosférico, producción combinada de madera, frutas y forrajes y conservación de una parte de la biodiversidad. Se ha demostrado que la introducción del componente arbóreo como modificador del forraje bajo su influencia en potreros, permite mejorar la calidad del forraje de la pastura asociada, conservando altos valores de proteína en invierno, comparado con el forraje del pasto en sistemas de monocultivo con total exposición al sol, además, puede incrementar la cantidad total de forraje para los animales dependiendo de factores como el manejo que se le haga a los árboles, la densidad arbórea, la cobertura de copa utilizada, la condición del pasto y la región analizada (Mahecha, 2003).

La falta de estudios integrales que permitan determinar las ventajas de zonas productivas con manejo sostenible, ubicadas en áreas que por su localización representan un potencial productivo para el país, no ha permitido desarrollar el punto óptimo de aprovechamiento que tienen estas tierras que por su actitud, requieren ser manejadas desde un punto integral (Fundación Opción Putumayo, 2008).

Con el propósito de fortalecer los conocimientos sobre los beneficios ambientales, económicos, sociales, culturales entre otros que genera el componente arbóreo en sistemas ganaderos, se realizó el estudio en el valle de Sibundoy con el fin de determinar el comportamiento productivo de *P. clandestinum* manejado en cubiertas forestales de *S. humboldtii* como alternativa silvopastoril en sistemas ganaderos para la región.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 AGROFORESTERÍA

“Es la interdisciplina y modalidad de uso productivo de la tierra donde se presenta interacción espacial y/o temporal de especies vegetales leñosas y no leñosas, o leñosas, no leñosas y animales. Cuando todas son especies leñosas, al menos una se maneja para producción agrícola y/o pecuaria permanente” (Ospina, 2006).

1.1.1 Sistemas agroforestales. Los sistemas agroforestales se presentan como un conjunto de técnicas de uso de la tierra que implican la combinación o asociación de un componente leñoso (forestal o frutal) con ganadería y/o cultivos en el mismo terreno, con interacciones significativas ecológicas y/o económicas entre sus componentes (Rendón y Polanía, 2009).

1.1.2 Los sistemas silvopastoriles. “Los sistemas silvopastoriles son una opción productiva en donde interactúan un componente leñosos perenne, una herbácea y un animal” (Pezo e Ibrahim, 1996). Estos sistemas son una ayuda eficaz para contribuir con la recuperación de suelos degradados y ayudar a la protección del medio ambiente, “La implementación de sistemas silvopastoriles permite mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. El cambio de un sistema de pradera en monocultivo a un arreglo de tipo boscoso permite el refugio de aves, reptiles y otros animales”; se conocen como sistemas silvopastoriles aquellos sistemas de producción que incluyen pastos mejorados con alto vigor y productividad, asociados con arbustos y/o árboles forrajeros; así como los árboles que generalmente se utilizan para dar sombrío, confort del ganado, producción de leña, extracción de madera y postes; También se pueden involucrar bancos de proteína, cercas vivas y árboles asociados con pasturas naturales y/o mejoradas. Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de agroforestería que combina los pastos para la ganadería con árboles y arbustos (CORPOICA, 2006).

1.1.2.1 Ventajas de los sistemas silvopastoriles. Dentro de las ventajas de los sistemas silvopastoriles encontramos que se genera un microclima ideal para actividades agrícolas y pecuarias, las especies arbóreas forrajeras o maderables proporcionan sombrío al ganado, protegen las praderas contra los vientos, reducen el uso de alimentos concentrados ya que los árboles y arbustos los proporcionan, reducen el impacto erosivo que genera las lluvias (CORPOICA, 2006).

1.2 GENERALIDADES DEL SAUCE (*Salix humboldtii*).

Esta especie nativa de centro y Suramérica, se encuentra distribuida desde México hasta Argentina y Chile (ver figura 1). A continuación se describen algunas de las características de la especie.

Figura 1. *Salix humboldtii*



Fuente: este estudio.

1.2.1 Clasificación taxonómica. En el Cuadro 1, se describe la clasificación taxonómica de la especie *S. humboldtii*.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la especie *S. humboldtii*

Reino	Plantae
Subreino	Spermatophyta
Subphyllum	Magnoliophytina
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dilenidas
Orden	Salicales
Familia	Salicaceas
Genero	Salix
Especie	<i>Salix humboldtii</i>

Fuente: CONABIO, 2009.

1.2.2 Descripción. La especie *S. humboldtii* tiene un rango de distribución que va desde los 500 hasta los 2800 m.s.n.m aunque su mejor desarrollo se produce entre los 1000 y los 2600 m.s.n.m (CIPAV, 2009).

Esta especie se caracteriza por ser un árbol perennifolio o caducifolio de 5 a 12 m (hasta 25 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 60 cm, de copa ahusada muy estrecha, hojas simples muy angostas, lineares, con bordes aserrados, láminas de 6 x 0.6 a 13 x 0.8 cm de color verdoso pálido, el follaje con un color verde característico, de tronco recto, ramificación irregular, ramas casi erectas, una corteza externa profundamente fisurada, morena a pardo oscura, la interna rosada y muy fibrosa, de grosor total: 12 a 20 mm; sus flores son dispuestas en amentos terminales sobre ramas cortas, amentos masculinos hasta de 7 cm de largo y 7 mm de ancho, flores masculinas verde amarillentas, de 5 mm de largo, Amentos femeninos de 3 a 5 cm de largo por 3 a 5 mm de ancho, flores femeninas verdes; su fruto presenta infrutescencias hasta de 10 cm de largo, cápsulas bivalvadas de 47 mm, ovoides, agudas, pardo verdosas, con muchas semillas microscópicas; su semilla alcanza de 0.5 a 0.7 mm de largo, de sexualidad monoica, con pelos blancos; su sistema radical superficial y extendido (CONABIO, 2009).

1.2.3 Aspectos fisiológicos. Para esta especie la competencia es un factor crítico en los dos primeros años de vida, es una especie de rápido crecimiento, el mayor crecimiento en diámetro ocurre en los primeros 4 años de vida, de manera similar se comportan en cuanto a la altura creciendo vigorosamente los primeros 5 años y disminuyendo de manera notable después; produce flores a los 13 meses de edad, por lo general individuos de 5 años alcanzan a producir 50 kg de biomasa, una adición de carbono inorgánico al sistema radical, en forma de dióxido de carbono y bicarbonato en bajas concentraciones, puede aumentar la biomasa en el género *Salix* hasta en un 30 %, la asimilación de carbono se da de manera muy rápida incorporándose en tan sólo una hora el 38 % de los ácidos orgánicos y el 28 % de los aminoácidos; tiene gran capacidad de regeneración, coloniza sitios expuestos (CONABIO, 2009).

1.2.4 Uso del Sauce en sistemas ganaderos. Entre las ventajas del sauce para la ganadería en agroecosistemas se encontraron, la fácil propagación asexual (esquejes y estacas de todos los tamaños), la tolerancia a la inundación y las heladas, el rápido crecimiento, la alta capacidad de rebrote, la tolerancia a las podas y a la presión del ganado (rascado o consumo de los brotes), los usos de la madera. Un atributo importante del sauce para los sistemas silvopastoriles en el trópico alto, donde el brillo solar es menor que en las tierras cálidas, es que el árbol genera una sombra tenue que no interfiere con el desarrollo de las

gramíneas y el forraje que se produce bajo su copa es de muy buena calidad (CIPAV, 2009).

Aunque los usos más comunes del sauce en fincas ganaderas son los elementos lineales como las cercas vivas y barreras rompevientos, las posibilidades de ampliar su uso en sistemas silvopastoriles son variadas. En algunos países europeos y asiáticos, los sauces nativos son podados para aprovechar el forraje, bien sea fresco o almacenado para los meses invernales, en Argentina y Colombia, hay estudios incipientes al respecto dado la reiterada observación de que el ganado y sobre todo las cabras, comen con avidez las hojas de los sauces y sus cortezas (CIPAV, 2009).

El estudio Caracterización nutricional del sauce (*Salix humboldtiana Willd*) el chocho (*Erythrina rubrinervia*) y el canelo (*Maytenus laxiflorus*) en bovinos fistulados, llevado a cabo en Villavicencio, se encontró que el forraje del sauce contiene 19,3% de proteína cruda, es decir, que duplica el contenido del henolaje de *P. clandestinum* (9,4%) (CIPAV, 2009).

1.2.5 Otros usos del Sauce. En algunos casos se utiliza el *S.humboldtii* como planta de sombra y ornato en calles, parques y jardines. La madera se usa localmente para leña y carbón, en construcciones rurales, para fabricar barriles, canastos y mimbrería. En algunos lugares los árboles se usan para delimitar linderos y para fijar orillas de acequias y ríos. La corteza contiene tanino y un alcaloide llamado “salicilina”. La infusión que se obtiene del cocimiento de la corteza se emplea en medicina casera para combatir las fiebres y el reumatismo. Los sauces contienen salicilatos que son la base para la preparación de las aspirinas y los disolventes del ácido úrico (CONABIO, 2009).

El sauce se puede utilizar como material bioenergético para generar electricidad y calor, si se sustituye el 10% al 15% del carbón con biomasa de sauce se reducen las emisiones de Azufre y Nitrógeno en una proporción casi equivalente. La biomasa producida por el sauce puede quemarse también con otros fragmentos de madera para generar energía o vapor, o ambas cosas, para calefacción comercial o residencial regional. El carbono emitido durante la combustión de la biomasa de sauce ha sido capturado de la atmósfera durante el crecimiento del sauce en los años anteriores a diferencia del carbono liberado por la combustión del carbón, que fue capturado y fosilizado hace millones de años no aumenta el bióxido de carbono atmosférico con la producción de energía a partir de la biomasa de sauce (FAO, 2010).

1.3 GENERALIDADES DEL KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*)

Esta especie originaria del este de África y distribuida en América, Asia y Oceanía ha sido utilizada en sistemas silvopastoriles en clima medio y subtropical, gracias a su fácil propagación y su valor forrajero (Ver figura 2). A continuación se describen algunas características de la especie.

Figura 2. *Pennisetum clandestinum*



Fuente: Calflora, 2009.

1.3.1 Clasificación taxonómica. La clasificación taxonómica de la especie *P. clandestinum* se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la especie *P. clandestinum*

Reino	Plantae
Subreino	Traqueobionta (plantas vasculares)
Superdivisión	Spermatophyta (plantas con semillas)
División	Magnoliophyta (plantas con flor)
Clase	Liliopsida (monocotiledóneas)
Subclase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Genero	<i>Pennisetum</i>
Especie	<i>Pennisetum clandestinum</i>

Fuente: CONABIO, 2009.

1.3.2 Descripción. Esta especie tiene un rango de distribución que va desde los 1350 hasta los 3100 m.s.n.m, es una planta perenne, rastrera, formando matas, puede trepar, apoyándose en arbustos, con un tamaño de 5-10 cm de longitud; su

tallo es de corto crecimiento, marcadamente rastreros, con entrenudos cilíndricos, glabros (sin ornamentación), de 1-2 cm de longitud; nudos glabros; sus hojas se presentan glabras o con pelos, vainas esparcidamente vilosas en el envés a glabras, con márgenes membranosos y secos, lígula en forma de anillo de pelos de 1-2 mm de longitud, láminas foliares planas o conduplicadas (dobladas a lo largo de su nervio medio), con el ápice obtuso, de (1.5) 2 a 9 cm de longitud, de 2 a 5 mm de ancho, glabras o esparcidamente vilosas en la base; su inflorescencia es inconspicua, escondida entre las vainas, compuesta, con espigas cortas axilares, sólo se pueden ver los estambres por fuera cuando florece; sus flores tienen forma de Espiguilla de 2 a 3 (4), de 1.4 a 1.8 cm de longitud, escasas, ocultas en las vainas superiores, una espiguilla pediculado y las demás sésiles, pedicelo de la espiguilla de 2 a 5 mm de longitud, cada una con 15 a 16 cerdas hasta de 1 cm de longitud, glumas ausentes, lema de la flor estéril igual a la lema de la flor fértil, con varias nervaduras; sus raíces poseen rizomas fuertes y estolones bien desarrollados (CONABIO, 2009).

1.3.3 Aspectos fisiológicos. Posee un crecimiento agresivo que le permite dominar las demás especies que se siembren con ella, se acostumbra a sembrar combinado con raigrás inglés para que éste que sale muy rápido, permita ver un césped verde pronto debido a que el Kikuyo tarda algo en salir, mas adelante el Kikuyo terminará por extenderse haciendo desaparecer el raigrás; tiene muy alta capacidad de recuperación en caso de deterioro, no tiene demasiados problemas con plagas y enfermedades, se reproduce vegetativamente por medio de potentes rizomas y estolones, se propaga vegetativamente (INFOJARDIN, 2009). Las semillas pueden pasar intactas por el tracto digestivo de los animales que lo consumen (CONABIO, 2009).

1.4 EFECTO DE SOMBRA SOBRE EL ESTRATO HERBÁCEO

El factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas agrosilvopastoriles, es el nivel de sombra ejercido por árboles y arbustos; aunque en la mayoría de situaciones la tasa de crecimiento de las pasturas disminuye cuando crecen bajo el dosel de los árboles que a libre exposición solar, no todas las forrajeras responden de forma similar a la disminución en la incidencia de energía lumínica, por lo general la sombra tiene un efecto más marcado sobre las tasas de crecimiento de las plantas forrajeras con ciclo fotosintético C4 (gramíneas tropicales), que las tipo C3 (gramíneas de zona templada). La mayor parte de especies del estrato herbáceo requieren una intensidad luminosa próxima o mayor que la normal en su hábitat natural (Monserrat, 1961), pero su crecimiento relativo disminuye cuando la iluminación es excesiva, la presencia de árboles en sistemas ganaderos puede contribuir de manera directa a la productividad del sistema, regulando o contrarrestando la intensidad de factores climáticos adversos para el

animal, e indirectamente creando un microclima que favorece el crecimiento y calidad de pasturas que los animales cosechan. Entre los beneficios que se le atribuyen a la sombra sobre el comportamiento y productividad de los animales en pastoreo, se resalta el mayor tiempo dedicado a pastorear y rumiar, el mayor consumo de alimentos, la disminución en los requerimientos de agua de los animales, el incremento en la eficiencia de conversión alimenticia, la mejora en la ganancia de peso y producción de leche (dependientemente de la calidad y cantidad de forraje) y la reducción en la tasa de mortalidad de los animales jóvenes (debido a mejor condición y mayor producción de leche de las madres, menores dificultades al parto, mejoras en el peso al nacimiento (Pezo e Ibrahim, 1998).

1.4.1 Sombreamiento del estrato herbáceo. La mayor desventaja comúnmente asociada a la combinación de especies arbóreas con pasturas, es que las copas de los árboles interfieren el paso de la radiación lumínica al estrato herbáceo, lo cual redundando normalmente en un menor potencial de crecimiento en este último; sin embargo la naturaleza y magnitud de la interferencia es dinámica, tanto a lo largo del día como en función de la edad de la plantación, algunas opciones para regular la magnitud de la interferencia de luz en los sistemas de plantación es a través del manejo de la población de las leñosas como siembras a menor densidad o por medio de “raleos” selectivos; de igual forma puede ayudar la modificación del arreglo espacial de las leñosas o la utilización de especies y genotipos dentro de especies cuya morfología de copa, permita una mejor transmisión de luz, por lo tanto es factible conseguir una estabilidad tanto de producción animal como forestal a nivel de empresa; siempre y cuando se establezcan rotaciones en el tiempo en cuanto a ciclos de plantación, trabajos de raleo y corte, en la medida que no perjudique a los componentes o al ingreso neto del sistema total (Pezo e Ibrahim, 1998).

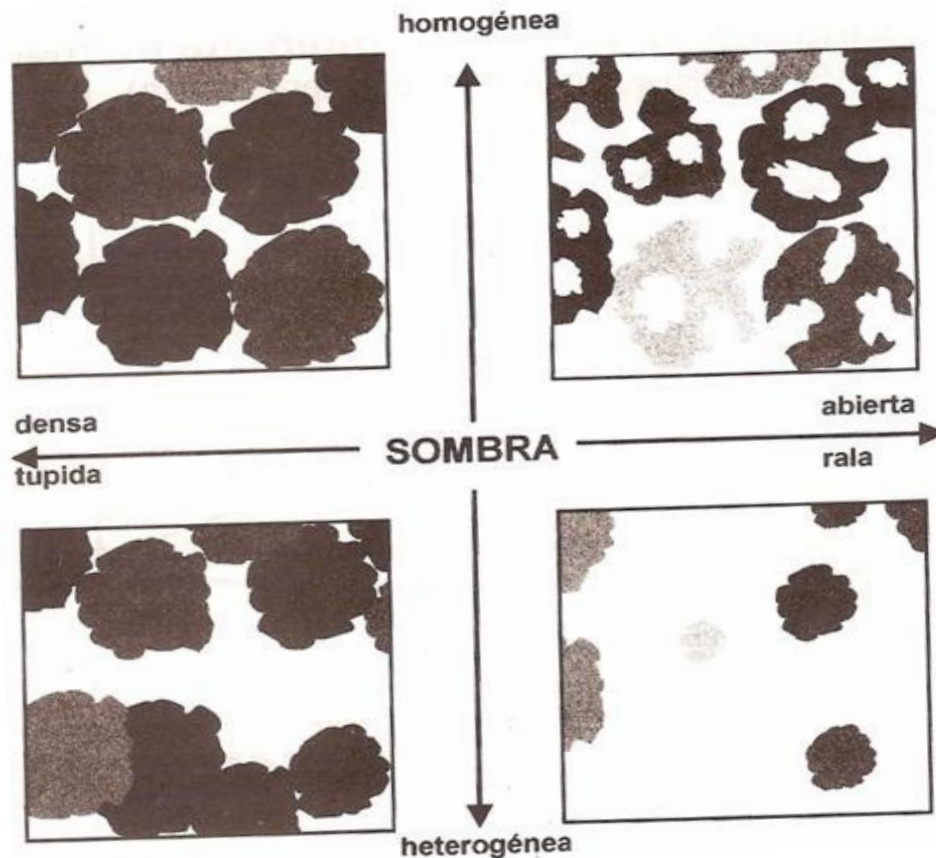
1.5 LA CUBIERTA ARBÓREA Y CONDICIONES MICRO CLIMÁTICAS

Bajo la cubierta forestal se generan variaciones de las condiciones medioambientales y algunos fenómenos ecológicos, en algunos casos los parámetros como la temperatura y la humedad fluctúan en un intervalo muy estrecho debido a la protección que se presenta contra la incidencia directa de rayos solares y la lluvia directa (Montserrat, 1961).

1.5.1 Tipos de sombra. Dentro de los tipos de sombra existen dos clases de factores que definen el tipo e intensidad de la sombra, la heterogeneidad y la homogeneidad, en una sombra heterogénea se distinguen cuatro tipos de sombra, sombra densa (permite una penetración hasta 15%), sombra artificial

(40%), sombra abierta (20% a 45%) y sistema de poda total (50% - 100%) y las sombras homogéneas son aquellas donde las copas de los árboles se tocan entre ellas (Muschier, 1999 citado por Navia y Reyes, 2010). Las especies forestales pueden presentar diferentes tipos de sombra dependiendo del manejo que se le haga a la especie dentro del cultivo, ya sea por podas o entresacas selectivas. A continuación en la figura 3 se muestra los patrones de sombra según la distribución arbórea.

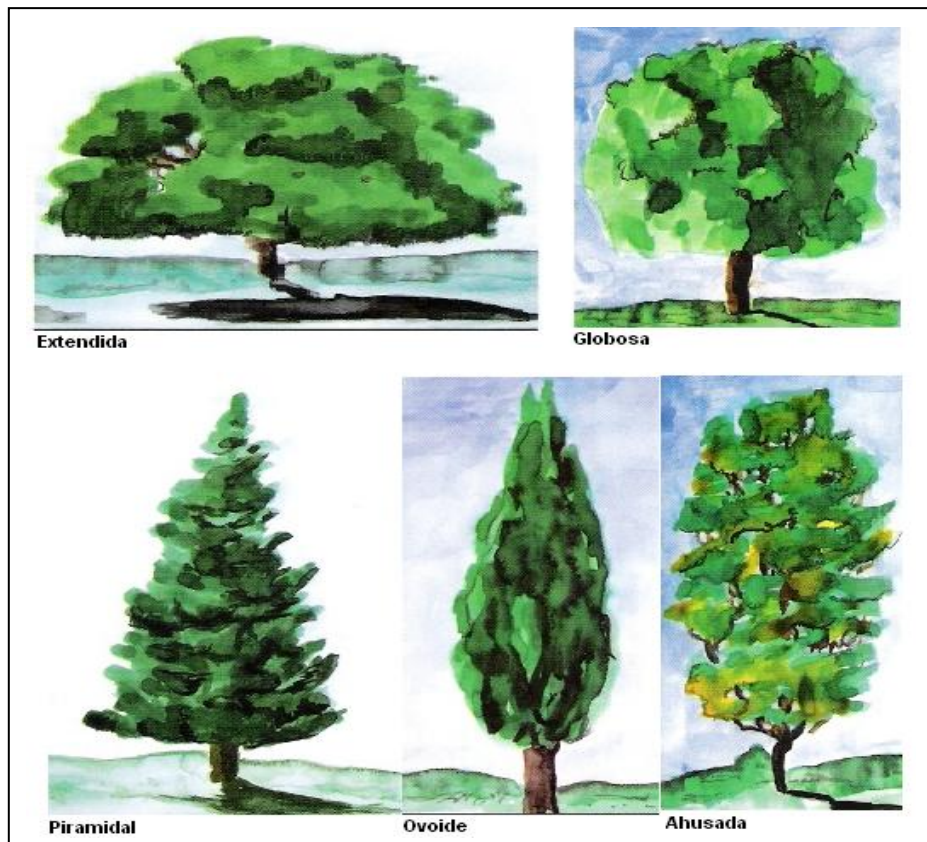
Figura 3. Patrones de sombra según la distribución arbórea



Fuente: Muschier, 1999. Citado por Navia y Reyes, 2010.

1.5.2 Tipos de copa. La morfología del árbol influye directamente sobre la sombra proyectada y este es uno de los criterios que se deben resaltar en el momento de la selección de las especies a utilizar en los diferentes tipos de sistemas silvopastoriles. Entre los tipos de copa más comunes se encuentran: extendida, globosa, piramidal, ovoide y ahusada como se muestra a continuación en la figura 4.

Figura 4. Formas de las copas



Fuente: Mahecha, 2004 citado por Navia y Reyes, 2010.

1.5.3 El vuelo forestal como mitigador de contrastes climáticos. Bajo los árboles los contrastes climatológicos se mitigan y la temperatura se aproxima a la media, siendo superior con oscilaciones menos intensas que a libre exposición, también la humedad se mantiene más tiempo y es más elevada que en los lugares descubiertos. Los árboles impiden la llegada de la penetración fluvial pero esta pérdida se compensa con creces por las precipitaciones horizontales, rocío y precipitaciones ocultas, la luz disminuye y el contenido de CO₂ en la atmosfera es superior al normal, factor que favorecería la fotosíntesis si la iluminación no fuera escasa (Monserrat, 1961).

1.5.4 Las precipitaciones horizontales. En días de niebla densa, las hojas recogen las gotas pequeñas de agua que aumentan de volumen y caen finalmente al suelo. Esta precipitación horizontal aumenta las posibilidades hídricas del subsuelo, en especial de las plantas herbáceas (Monserrat, 1961).

1.5.5 El rocío y precipitaciones ocultas. Cuando la humedad relativa es elevada, la diferencia de temperatura entre los lugares del descampado y las plantas de la cubierta forestal puede llegar al punto de rocío. El suelo del bosque es fresco al caer la tarde mientras a cielo abierto alcanza su mayor temperatura; entonces pueden darse gotas de rocío en los intersticios edáficos por haber alcanzado el punto de rocío, parte de esta humedad recuperada se debe a la transpirada por las hierbas y ramas bajas de los árboles que daban una atmosfera con humedad relativa más elevada (Montserrat, 1961).

1.5.6 Cubierta forestal y las precipitaciones torrenciales. Las precipitaciones son irregulares y en algunas ocasiones torrenciales; sin cobertura vegetal producen erosión y escasamente se aprovechan. Bajo la protección forestal se mitiga la velocidad de caída y frena la escorrentía, el aprovechamiento es casi total, salvo una pequeña parte que impregna las ramas y se evapora (Montserrat, 1961).

1.6 CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA

El valle de Sibundoy se encuentra ubicado en el noroccidente del Departamento del Putumayo sobre las estribaciones del sistema montañoso del Macizo Colombiano (Sur occidente Colombiano). Haciendo parte de la macrocuenca hidrográfica del río Amazonas y conformando la cuenca alta del Río Putumayo, desde su nacimiento hasta su encauce por la garganta del Balsayaco, formado por las estribaciones del volcán Patascoy al occidente y al oriente las montañas del Portachuelo. La temperatura media anual es de 16.3 °C, los meses más cálidos son octubre, noviembre y diciembre, presenta una humedad relativa de 86%, la precipitación anual de 1400 mm aproximadamente, presenta una altitud que varía entre los 2000 y 3700 m.s.n.m. El valle de Sibundoy tiene forma de una gran elipse de aproximadamente 52500 has de las cuales 8500 has están en la parte plana rodeada por cerros y mesetas semimontañosas donde se encuentra gran variedad de especies vegetales y fauna. Es una región megadiversa. En este espacio confluyen los pensamientos, cultura e idiosincrasia de 4 municipios: Santiago, Colón, Sibundoy y San Francisco, distanciados 5 o 6 Km entre ellos (Fundación Opción Putumayo, 2010).

1.7 SITUACIÓN DE LA GANADERÍA EN EL VALLE DE SIBUNDOY

Con respecto a la ganadería la población bovina para el año de 2004, según estadísticas de la UMATA se estableció en 2.840, de las cuales 1326 son vacas de la raza Holstein mestiza especializada para la explotación lechera que están

produciendo aproximadamente unos 8.000 litros de leche, estableciendo un promedio de producción de leche de 6 litros/vaca/día. En cuanto a los pastos más comunes y característicos para la producción de leche están: las gramas naturales hacia la zona de lomerío y el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), falsa poa (*Holcus lanatus*), Saboya (*Panicum maximum*), pasto de corte imperial (*Axonopus scoparius*) y algunos mejorados. Los problemas sanitarios infecto-contagiosos que más afectan la ganadería regional son: *Leptospira* SPP (45.7%); *Campylobacter fetus* (19.7%); *Tricomonas foetus* (32.4%) y Rinotraqueitis infecciosa Bovina (78.8%), causantes de abortos, infertilidad, mortalidad embrionaria, inflamación uterina, etc. Se considera que la ganadería procedente de los paisajes de lomerío es más sana que la de los demás paisajes en donde además de las anteriores enfermedades se presentan otras como: mastitis, diarreas, babesiosis, ántrax, vulvovaginitis infecciosa, timpanismo y otras infecciosas como: carbón sintomático, *C. bacteridiano* y las parasitarias como coccidios, ascaris, fasciola, entre otras, muchas de las cuales se combaten con productos que expenden los almacenes agroquímicos de la región. Es bueno aclarar que son muy pocas las familias indígenas que se dedican a la explotación ganadera, puesto que por tradición nunca han sido ganaderos (Plan ecoturístico del Valle de Sibundoy, 2010).

1.8 SITUACIÓN DEL SECTOR FORESTAL EN EL VALLE DE SIBUNDOY

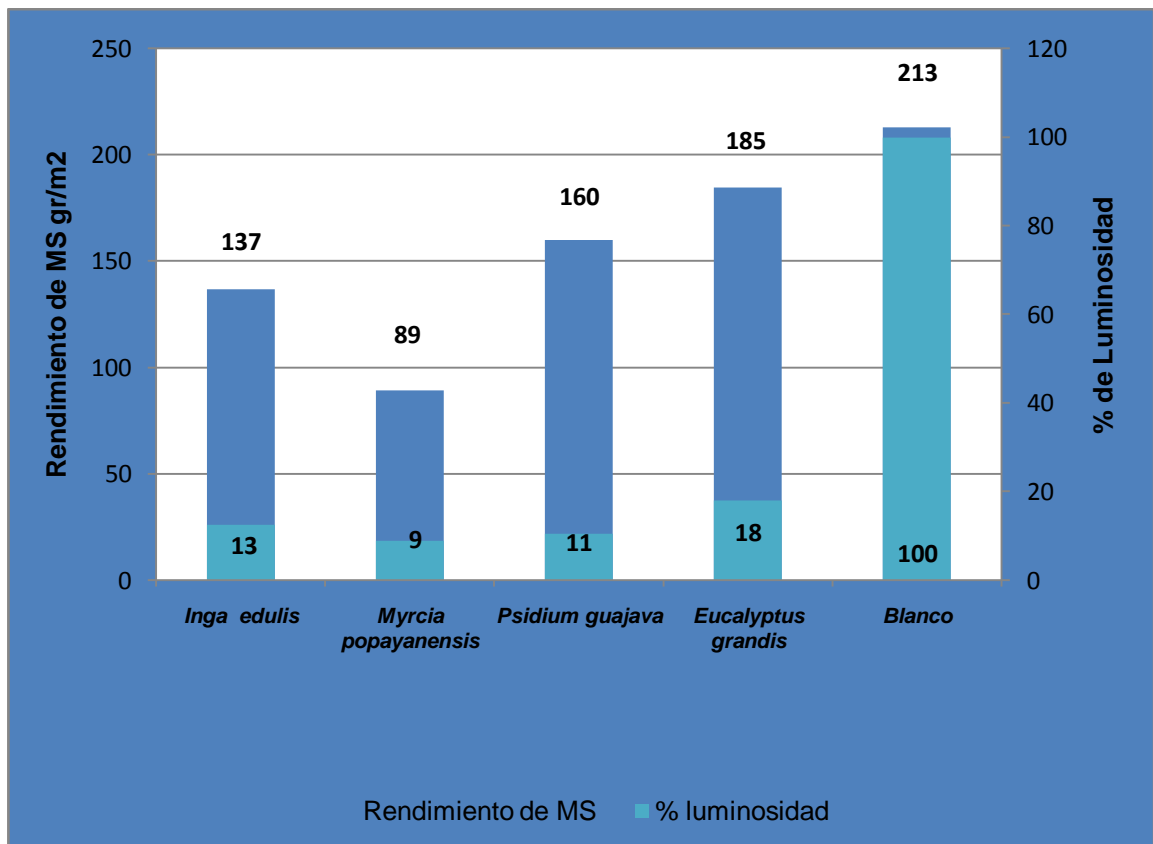
Las prácticas forestales en la región se ven representadas en el consumo de leña, carbón, madera aserrada y postas para el cultivo de frijol; algunas especies maderables que se encuentran son: palo mote, pelotillo, tinto, encino, lechero, morochillo, quinde, juco, kujaco, laurel, arrayán, colla, chachafruto, balso, cucharo, cedro, helecho, chilca, sauce, mayos, eucaliptos, palmas (Plan ecoturístico del Valle de Sibundoy, 2010). En el municipio de San Francisco una de las principales actividades a que se dedican sus habitantes, es a la producción de ladrillo quemado, cal agrícola e industrial y teja colonial, igualmente la industria maderera es importante, se calcula una explotación anual de 15.048 m³ de leña; 7.200 piezas de madera aserrada; 13.000 unidades de postes; 30.000 unidades de tutores, además de la gran cantidad de madera ilegal que es difícil cuantificar dadas las condiciones del medio, la industria maderera siempre ha estado con el municipio de San Francisco, en la actualidad se tiene identificada la zona industrial, lugar donde la administración pretende inyectarle organización y recursos (Gobernación de Putumayo, 2010).

1.9 ANTECEDENTES

En el pleniplano de Popayán se realizó un estudio sobre el efecto de la sombra de cuatro especies arbóreas sobre la producción del forraje *Brachiaria decumbens*.

La influencia del componente arbóreo en el sistema silvopastoril influye de manera negativa el rendimiento de materia seca forrajera de *Brachiaria decumbens* (Navia y Reyes 2010). La relación de la luminosidad con la materia seca producida se observan en la figura 5.

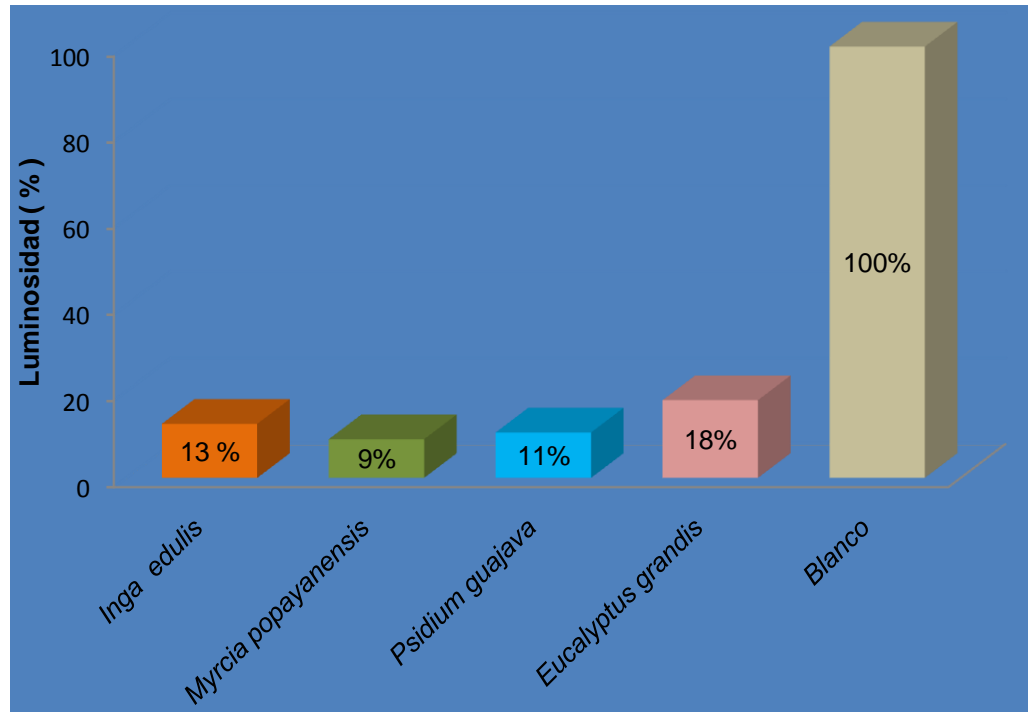
Figura 5. Correlación luminosidad Vs materia seca



Fuente: Navia y Reyes, 2010.

Igualmente mencionan que se presentó un mayor crecimiento del *Brachiaria decumbens* debido al efecto provocado por la sombra producida por los árboles, en la evaluación encontraron que la mayor producción y contenido de materia seca se presentó en la pastura a libre exposición donde la luz es efectiva en toda la pradera y por lo tanto hay una alta actividad fotosintética, de las cuatro especies evaluadas el mayor porcentaje de penetración lumínica lo presentó el *Eucalyptus grandis* con un 18%, seguido de *Inga edulis* con un 13%, *Psidium guajava* con un 11% y *Myrcia popayanensis* con un 9% (Figura 6), lo que explica que la morfología ovoide de la copa del eucalipto, permite una mayor incidencia solar sobre la gramínea durante el día.

Figura 6. Variación de la penetración de luz través de las especies arbóreas evaluadas



Fuente: Navia y Reyes, 2010.

Por otra parte se realizó el proyecto investigativo “Línea base de especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera, en el pleniplano de Popayán” que arrojó una línea base de 28 especies arbóreas y arbustivas con potencial en alimentación animal, de las cuales se destacan por su frecuencia las especies *Trichantera gigantea*, *Tithonia diversifolia*, *Hibiscus rosa sinensis*, *Malvaviscus arboreus*, *Boehmeria nivea* y *Erythrina edulis*; dada la adaptabilidad que muestran a las condiciones agroclimáticas de la región ya que fueron las especies más registradas (Polania y Rendón, 2009).

El estudio Caracterización nutricional del sauce (*Salix humboltiana Willd*) el chocho (*Erythrina rubrinervia*) y el canelo (*Maytenus laxiflorus*) en bovinos fistulados, llevado a cabo en Villavicencio por Fino y Muñoz (1999) encontró que el forraje del sauce contiene 19,3% de proteína cruda, es decir, que duplica el contenido del henolaje de *P. clandestinum* (9,4%) (CIPAV, 2009). El cuadro 3 muestra el resultado de la comparación nutricional de follajes de sauce y henolaje de Pasto Kikuyo.

Cuadro 3. Composición nutricional de follajes de sauce y henolaje de Pasto Kikuyo

Composición %	Sauce	Henolaje de Kikuyo
Materia seca	23	52
Humedad	77	48
Proteína cruda	19.3	9.4
Fibra cruda	15.1	25.4
Fibra detergente cruda	55.5	62.4
Extracto etéreo	1.2	1.7
Cenizas	5.4	5.9
Extracto libre de nitrógeno	62.2	54.6

Fuente: Fino y Muñoz citado por CIPAV, 2009.

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El trabajo se desarrollo en el Valle de Sibundoy, en el Municipio de Colón lugar de confluencia de los cuatro Municipios del Valle, limitando al norte con el departamento de Nariño, al este con los Municipios de Sibundoy y San Francisco y al suroccidente con el Municipio de Santiago (figura 7).

Figura 7. Localización de zona de estudio (Colón respecto a Colombia)



Fuente: IGAC, 2010.

2.2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *S. humboldtii* SOBRE *P. clandestinum*

Para evaluar el efecto de *S. humboldtii* sobre *P. clandestinum* se plantearon tres etapas; una etapa de Campo, otra de Laboratorio y otra de análisis estadístico.

2.2.1 Etapa de campo. Como base para la identificación de las fincas se utilizó el mapa de vías de la zona, y se fijó como parámetro de selección la presencia de pasturas de *P. clandestinum* bajo el dosel de *S. humboldtii*. De acuerdo a los criterios establecidos se seleccionaron 11 fincas, las cuales se muestran en Tabla 1.

Tabla 1. Fincas seleccionadas en el Valle de Sibundoy

Propietario	Vereda	Municipio
Jorge Córdoba	Las Palmas	Colón
Navor Viveros	San Antonio	Colón
Celimo Granda	Ambiyaco – San Antonio	Colón
Guillermo Arévalo	Ambiyaco	Colón
Miguel Muriel	Ambiyaco	Colón
Silvio Cabrera	Ambiyaco	Colón
Alba Montero	Las Cochas	Colón
Rosa Navarro	Las Cochas	Colón
José Jojoa	San José de Tangayaco	Colón
Miriam Tandioy	San José de Tangayaco	Colón
Isabel Reina	Las Cochas	Colón

Fuente: este estudio.

Dentro de las actividades desarrolladas en campo se realizó la colecta del material vegetal que consistió en hacer recorridos en la zona para identificar la presencia de *P. clandestinum* bajo el dosel de *S. humboldtii* dentro del área de estudio, en 4 veredas y dentro de la zona urbana del municipio, recorriendo el 100% de la malla vial primaria y secundaria del mismo; también se realizó la evaluación del área de sombrío de la especie *S. humboldtii* asociada a pasturas de *P. clandestinum* teniendo en cuenta que el área de sombrío de las especies arbóreas está directamente relacionada con la intensidad lumínica, la recolección de datos se realizó entre las 10 am y 2 pm ya que este es el intervalo horario de mayor intensidad lumínica en el día (Pezo, 1996 citado por Navia y Reyes, 2010); se realizaron dos tipos de observaciones dentro del área de sombra de la copa del árbol, y en el área a libre exposición en zonas ubicadas de norte a sur del árbol, puesto que el ángulo de inclinación de los rayos solares varían respecto a la posición de la tierra en una hora determinada, proyectándose la sombra de oriente a occidente (Navia y Reyes, 2010). Las variables para evaluar la pastura fueron la cobertura, altura, estado fitosanitario, temperatura, humedad, luz; para evaluar el componente arbóreo se registraron altura, altura comercial, diámetro a la altura del pecho, factor de forma, diámetro de sombra y copa.

Cobertura. Se utilizó un marco de PVC que ocupó una cuadrícula de 0.25 m². La cobertura se estimó según la proporción aparente por metro cuadrado (RIEPT 1982 citado por Navia y Reyes, 2010).

Altura. Se registró la altura en cm de las plantas seleccionadas al azar en el área que abarcó la cuadrícula, esta se midió desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirla y sin contar inflorescencias (RIEPT 1982 citado por Navia y Reyes, 2010).

Sanidad plagas y enfermedades. Para la evaluación entomológica y fitosanitaria se realizó lanzando al azar el marco de PVC de 1m x 1m y según la clasificación de Riept se asignó un valor dependiendo del avance de la enfermedad o del daño causado por la plaga como se describe a continuación (RIEPT 1982 citado por Navia y Reyes, 2010).

1. presencia del insecto; daño inferior al 1%.
2. daño leve
3. daño moderado
4. daño grave

Producción de materia seca (MS). En cada muestreo se determinó su biomasa total en estado húmedo. Luego se realizó un secado en hornos de ventilación controlada y se determinó la cantidad de materia seca por la diferencia de pesos (Navia y reyes, 2010).

Vigor. Determinado por el estado de la planta, color, crecimiento y sanidad en una escala de 1 a 5, siendo 1 el peor y 5 el mejor, teniendo como patrón de comparación los diferentes estados de la pradera (RIEPT, 1982 citado por Navia y Reyes, 2010).

Temperatura. Se registró con la ayuda de un Termómetro / Higrómetro digital Sunlaeves con un rango -50°C y 70°C para establecer la temperatura en °C, se registraron dentro y fuera del área de copa del árbol (Navia y Reyes 2010).

Humedad. Se utilizó Termómetro / Higrómetro digital Sunlaeves con un rango de 20% y 99%. que tiene un sensor integrado y que mide directamente la humedad, los datos fueron registrados con el instrumento ubicado a nivel de la pastura dentro y fuera del área de copa de la especie arbórea (Navia y Reyes, 2010).

Intensidad de luz. Tiene relación directa con la cantidad de árboles por unidad de área, de la altura que estos alcancen, así como la arquitectura y fenología que caractericen la especie de árbol, para la toma de este dato se utilizó un luxómetro digital LCD *LUX / Light Meter* con intensidad de 100 lux dentro y fuera del área de la cubierta forestal (Navia y Reyes, 2010).

Altura. Se utilizó regla de Christen, y se ubicó un jalón de 2 mts de largo en la base del árbol para obtener la altura directamente (Domínguez, 2010).

Altura comercial. Se utilizó regla de Christen y se midió desde la base hasta las ramificaciones donde se tiene un diámetro considerable, debido a que el propósito de la madera es para leña.

Diámetro a la altura del pecho (DAP). Se realizó una medición alrededor del tronco del árbol a los 1.30 mts de altura con cinta diamétrica.

Factor de forma. Se seleccionaron diez individuos con las características de tronco recto y uniforme, y se realizaron dos medidas diamétricas alrededor del árbol a los 1.3 mts y 4 mts de altura. Para determinar el factor de forma se utilizó la siguiente ecuación.

F: VR / VA donde,

$$VR: (3.1416 * (A1)^2) + (3.1416 * (A2)^2) * D/2$$

$$VA: (3.1416 * (A1)^2) * D$$

F: factor de forma

VR: volumen real

VA: volumen aparente

A1: área basal

A2: área de la sección a los 4 mts de altura

D: distancia entre secciones

Diámetro de sombra y copa. Se realizaron dos mediciones a lo largo de la proyección de la sombra bajo el árbol y a lo largo de la copa, en sentido oriente – occidente y norte – sur.

2.2.2. Etapa de laboratorio. Esta etapa se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, las submuestras recogidas en campo se pesaron y secaron durante 48 horas a 80 °C.

2.2.3. Etapa de análisis. En esta etapa se realizaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) de las variables bajo sombra de *S. humboldtii* y a libre exposición con la ayuda del software SPSS, también se analizaron variables dasométricas para realizar proyecciones del volumen de madera.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ÁRBOLES SELECCIONADOS

En total fueron seleccionadas 11 fincas donde se evaluaron 31 individuos como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Tabla con número de árboles por finca

Propietario	Vereda	Número de árboles
Jorge Córdoba	Las Palmas	3
Navor Viveros	San Antonio	1
Celimo Granda	Ambiyaco – San Antonio	4
Guillermo Arévalo	Ambiyaco	1
Miguel Muriel	Ambiyaco	1
Silvio Cabrera	Ambiyaco	1
Alba Montero	Las Cochas	1
Rosa Navarro	Las Cochas	10
José Jojoa	San José de Tangayaco	1
Miriam Tandioy	San José de Tangayaco	5
Isabel Reina	Las Cochas	3

Fuente: este estudio.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE EL *P. clandestinum* BAJO EL DOSEL DE *S. humboldtii*

Cuando existe la presencia del componente leñoso y el herbáceo dentro de un terreno estos presentan relaciones que generan la interferencia y la facilitación, la interferencia se ve reflejada por la competencia que tienen las especies en cuanto a la disponibilidad de luz y nutrientes en el terreno, la facilitación se puede observar cuando se realiza la transferencia y fijación de nutrientes así como también en las posibles relaciones alelopáticas entre los componentes. Como se muestra en el Tabla 3, las diferencias entre *P. clandestinum* bajo el dosel de *S. humboldtii* y a libre exposición fueron notables; bajo la copa del árbol la altura de pasto fue de 52.24cm un 32.76% más alta que a libre exposición, el vigor bajo la sombra fue de 4.7 supera en un 33.68% al de campo

abierto, además la producción de forraje verde bajo sombra fue de 1141 gr/ m² mayor en 30.81% al producido en total exposición solar. La especie *S. humboldtii* crea una relación de facilitación para la especie *P. clandestinum* ya que presenta una copa ahusada y estrecha de hojas simples muy angostas con una coloración verdosa pálida, la cual genera una sombra tenue que no interfiere con el desarrollo de esta gramínea, la sombra tiene un efecto más pronunciado sobre los porcentajes de crecimiento de las plantas forrajeras con ciclo fotosintético C4 (gramíneas tropicales), que las tipo C3 (gramíneas zona templada) (Pezo e Ibrahim, 1998).

Tabla 3. Características de *P. clandestinum* bajo el dosel de *S. humboldtii*

	Altura cm	Vigor	Forraje verde gr/ m ²
<i>Promedio bajo sombra</i>	52.24	4.7	1141
<i>Promedio libre exposición</i>	17.11	1.58	352

Fuente: este estudio.

3.3 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES EVALUADAS

Las variables altura, vigor, forraje verde, capacidad de carga e intensidad de luz evaluadas en este estudio, presentaron diferencias significativas entre los ensayos bajo sombra y a libre exposición a un nivel del 95% de confiabilidad, lo cual genera cambios en el comportamiento del *P. clandestinum* bajo el dosel de *S. humboldtii* con respecto al comportamiento a campo abierto.

3.3.1 Análisis de parámetros climatológicos. Para determinar el efecto de *S. humboldtii* sobre el *P. clandestinum*, se evaluaron bajo el dosel del árbol y a libre exposición solar, variables climatológicas (luz, temperatura y humedad); los resultados se promediaron y aparecen en la tabla 4. La variación de la temperatura fue de 1.2% y la humedad 2.92%, según Mahecha (2003), bajo el dosel de los arboles los contrastes o diferencias climatológicos se mitigan y la temperatura se aproxima a la media, siendo superior con oscilaciones menos intensas que a libre exposición, también la humedad se mantiene más tiempo y es más elevada que en los lugares descubiertos.

Tabla 4. Resultado comparativo de las variables climatológicas evaluadas

	Lux x 100	Temperatura °C	Humedad %
<i>Promedio bajo sombra</i>	255.39	28.38	55.16
<i>Promedio libre exposición</i>	913.58	28.72	53.55

Fuente: este estudio.

Dentro del análisis estadístico de las variables climatológicas se encontró que la mayor fluctuación se registra en la variable lux(x-100) con un mínimo de 68 lux y un máximo de 727 lux bajo sombra y con un mínimo de 332 lux y un máximo de 1097 lux a libre exposición, de igual forma se encontraron fluctuaciones significativas en la temperatura con valores de 22.7°C a 32.7°C bajo sombra y 23.1°C a 33°C a libre exposición, de la misma manera las fluctuaciones tuvieron un amplio rango para la humedad teniendo de 37% a 69% bajo sombra y 38% a 67% a libre exposición (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis descriptivo de variables climatológicas

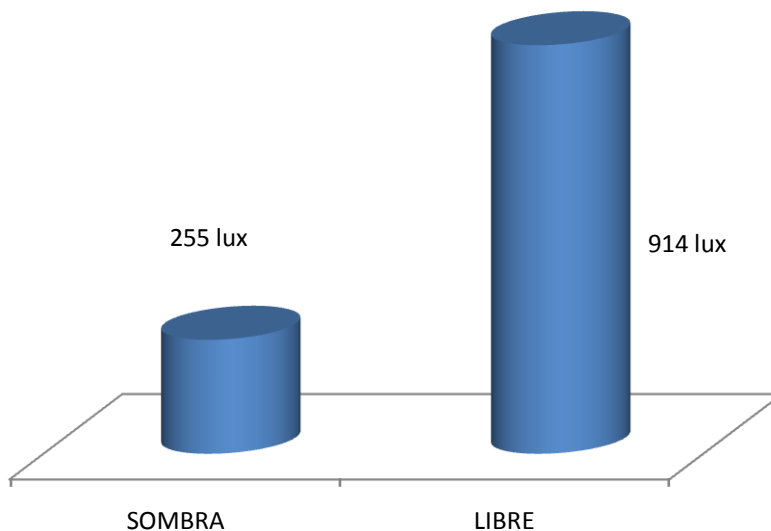
	Lux x 100		Temperatura °C		Humedad %	
	Sombra	Libre	Sombra	Libre	Sombra	Libre
<i>Mínimo</i>	68	332	22.7	23.1	37	38
<i>Máximo</i>	727	1097	32.7	33	69	67
<i>Media</i>	255.4	913.6	28.1	28.3	55	53
<i>Desviación Típica</i>	141.8	247.6	2.5	2.4	8	7
<i>Coefficiente de Variación</i>	56	27	1	1	15	14

Fuente: este estudio.

3.3.1.1 Evaluación de la penetración lumínica de la especie *S. humboldtii*. En el factor luz hubo una diferencia porcentual de 72.1% demostrando que la especie *S. humboldtii* permite un 27.9% de penetración lumínica (figura 8) superando a otras especies como el *Inga edulis* 13%, *Myrcia popayanensis* 9%, *Eucalyptus grandis* 18%, *Psidium guajaba* 11% (Navia y Reyes, 2010).

Considerando que el comportamiento en el crecimiento de las gramíneas está relacionado con la incidencia de la luz, se puede recomendar a la especie *S. Humboldtii* como adecuada para el establecimiento de sistemas silvopastoriles en zonas templadas debido a que por sus características morfológicas permite una penetración lumínica mayor que otras especies forestales utilizadas en este tipo de sistemas.

Figura 8. Variación de la penetración lumínica a través de la especie *S. humboldtii*

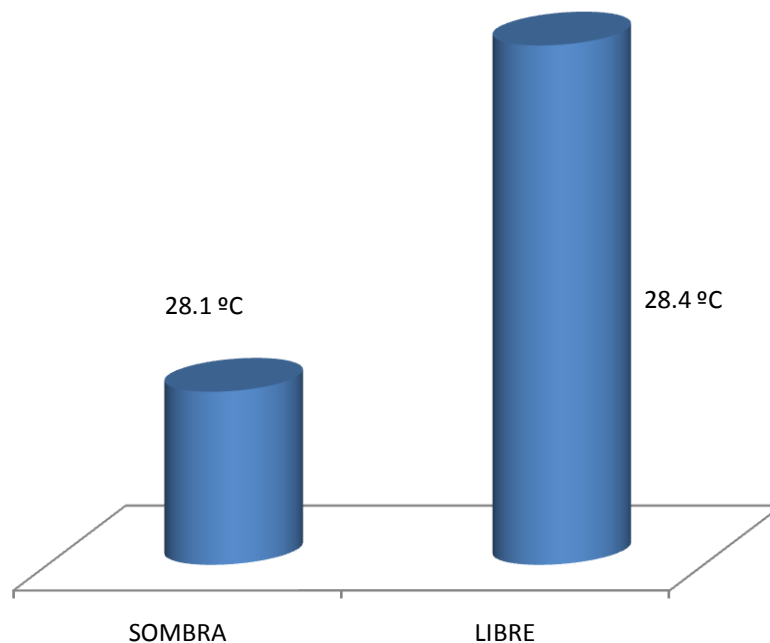


Fuente: este estudio.

3.3.1.2 Temperatura ambiental bajo la especie *S. humboldtii*. La variación porcentual de la temperatura registrada bajo el dosel de *S. humboldtii* y fuera de este fue de 1.06% (figura 9), aproximadamente 0.3°C mostrando que no existe diferencia significativa entre la temperatura bajo la copa del árbol y la registrada en campo abierto. Las cubiertas forestales contribuyen a mitigar los extremos de temperatura a la que puede estar sometido el estrato herbáceo, se conoce que la

temperatura óptima para el crecimiento de las gramíneas tropicales (plantas C₄) es de 35°C mientras que las leguminosas tropicales están en un rango de 28 a 29°C. Esta pequeña disminución en la temperatura puede verse reflejada en la calidad del forraje, ya que estudios realizados en cámaras que controlan la temperatura han demostrado que a menores temperaturas en horas diurnas se genera una disminución de la fracción fibrosa y su grado de lignificación, esto se ve reflejado en una mayor digestibilidad (Pezo e Ibrahim, 1998).

Figura 9. Variación porcentual de la temperatura dentro y fuera del área de la copa de *S. humboldtii*



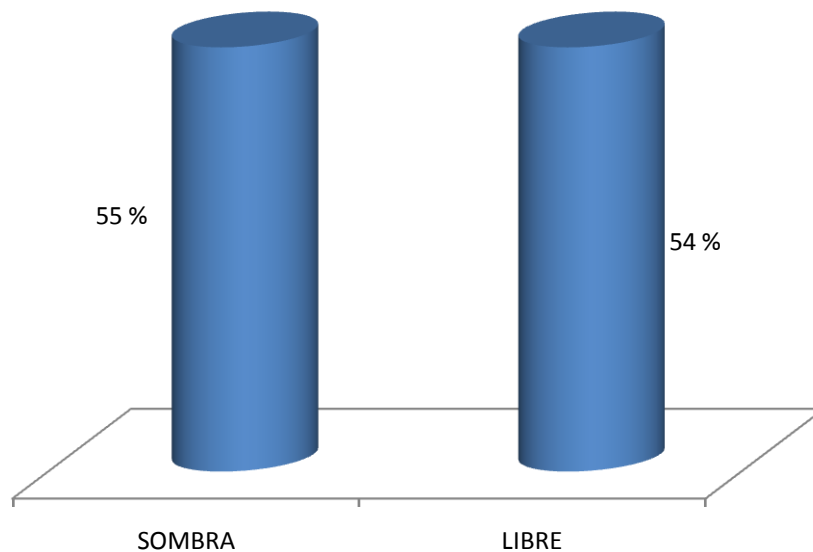
Fuente: este estudio.

3.3.1.3 Humedad relativa bajo el dosel de *S. humboldtii*. El porcentaje de variación entre la humedad bajo el dosel y a libre exposición fue de 1.85% (Figura 10), siendo mayor en sombra con 55% de humedad relativa y un 54% a campo abierto, según Monserrat (1961), bajo el árbol los cambios o contrastes climatológicos se mitigan y la humedad se mantiene más tiempo y es más elevada que los lugares donde no hay árboles.

El aumento en la humedad relativa del aire es otro factor influenciado por las cubiertas forestales, este incremento puede ser nocivo en cuanto a que puede provocar ataques por hongos pero en el caso del *S. humboldtii* la variación de la

humedad es muy baja y no favorece la presencia o el ataque de estos agentes patógenos (Pezo e Ibrahim, 1998).

Figura 10. Variación de la humedad dentro y fuera del área de sombra de *S. humboldtii*



Fuente: este estudio.

3.3.2 Análisis de parámetros productivos. El análisis estadístico de las variables productivas mostró que la mayor fluctuación se registro en la variable Forraje verde con valores de 694 gr/m² a 2208 gr/m² bajo sombra y 178 gr/m² a 676 gr/m² a libre exposición, del mismo modo la menor fluctuación se encuentra en la variable vigor pasando de 4 a 5 bajo sombra y 1 a 2.5 a libre exposición. Las variables productivas mostraron una diferencia significativa a un nivel del 95% de confiabilidad, este análisis muestro que la sombra producida por el *S. humboldtii* contribuye a que exista un mayor desarrollo de la especie *P. clandestinum*.

A continuación se realiza una descripción del componente productivo en cada una de las variables (tabla 6).

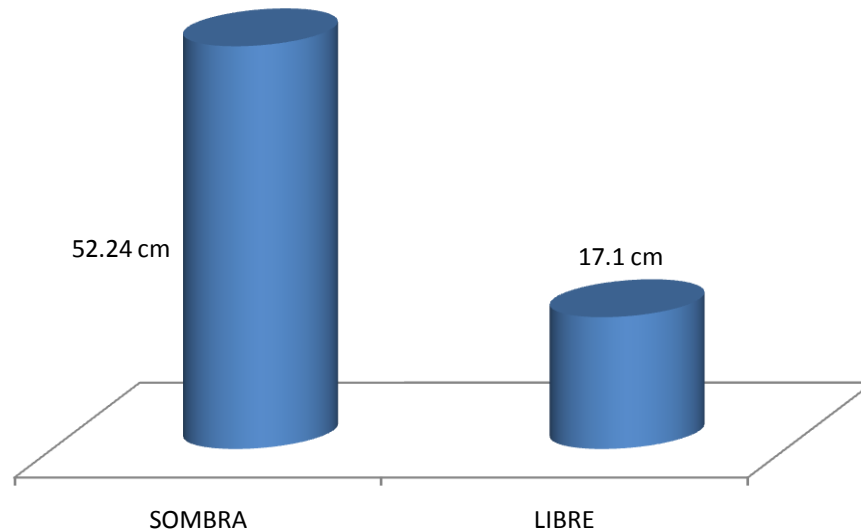
Tabla 6. Análisis descriptivo de las variables productivas de *P. clandestinum* bajo la sombra y a libre exposición

	FORRAJE VERDE gr/m ²		ALTURA		MATERIA SECA%		VIGOR	
	Sombra	Libre	Sombra	Libre	Sombra	Libre	Sombra	Libre
Mínimo	694	178	45.5	10	7.4	6.7	4	1
Máximo	2208	676	64	24	26.4	28.6	5	2.5
Media	1141	352	52.24	17.11	16	15	4.7	1.58
Desviación Típica	352.8	142.80	4.35	4.51	4.62	4.69	0.3	0.38
Coefficiente de Variación	31	41	1	3	29	31	06	24

Fuente: este estudio.

3.3.2.1 Altura alcanzada por la especie *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de la especie *S. humboldtii*. Según los resultados obtenidos dentro del estudio se puede afirmar que la especie *P. clandestinum* aumenta favorablemente su crecimiento bajo la sombra de *S. humboldtii*, la media bajo sombra fue de 52.24 cm y a libre exposición 17.1 cm, la máxima altura registrada bajo sombra fue de 64 cm contra 24 cm a libre exposición y la mínima altura fue 45.5 cm bajo sombra y 10 cm a libre exposición (Tabla 6). Según Mahecha 2003, la introducción de especies arbóreas en potreros permite aumentar la cantidad de forraje para los animales comparado con el pasto en sistemas de monocultivo con total exposición al sol, teniendo en cuenta factores como el manejo que se le haga a los árboles, la densidad arbórea y la cobertura de copa utilizada, las especies arbóreas, forrajeras utilizadas y la región analizada. De igual forma la especie *P. clandestinum* se ve favorecida debido a que la sombra que produce la especie *S. humboldtii* genera factores positivos que contribuyen al mejor desarrollo y crecimiento de este. A continuación se muestra como responde el *P. clandestinum* bajo sombra y a libre exposición (figura 11).

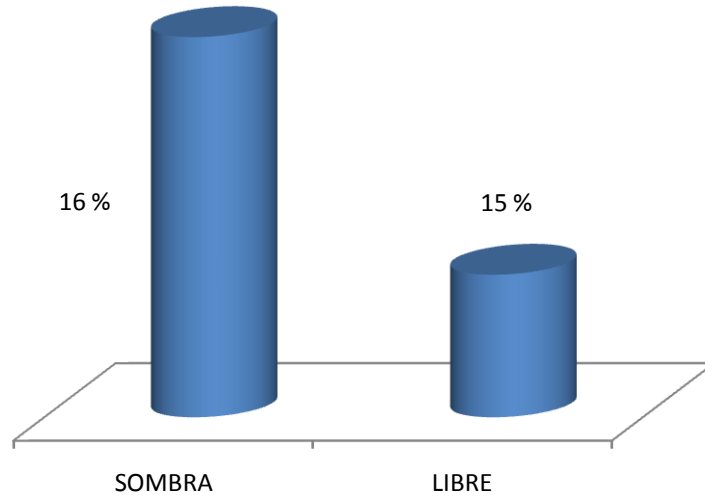
Figura 11. Altura alcanzada por la especie *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de la especie *S. humboldtii*



Fuente: este estudio.

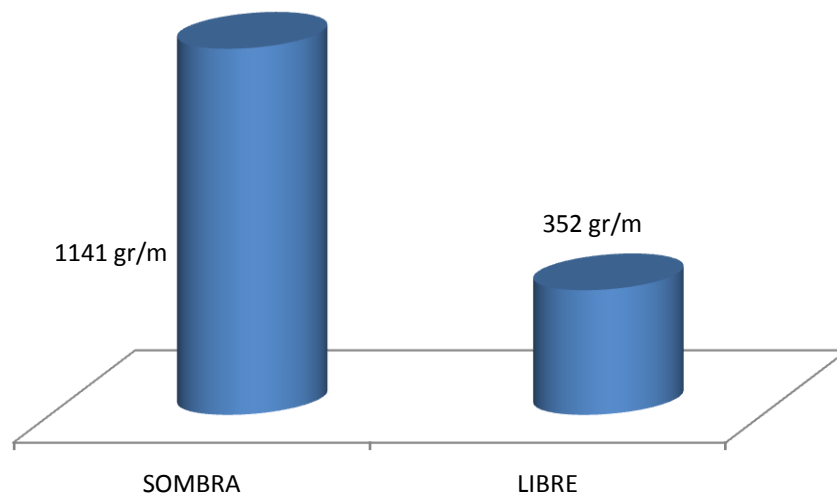
3.3.2.2 Materia seca y forraje verde de *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de la especie *S. humboldtii*. En relación con los resultados obtenidos en el estudio se puede afirmar que existe una mayor capacidad productiva del *P. clandestinum* bajo el dosel de *S. humboldtii* que a libre exposición, registrando una producción de materia seca de 181.3 gr/m² bajo sombra y 54.4 gr/m² a campo abierto (Figura 12), mientras la cantidad de forraje verde es de 1141 gr/m² bajo sombra y 352 gr/m² a libre exposición (Figura 13). Lo más importante para mencionar es que el porcentaje de materia seca fue de 16% bajo sombra y de 15% a libre exposición como se observa en la tabla 6, esta condición indica que la cobertura de *S. humboldtii* no interfiere negativamente en el contenido de materia seca del *P. clandestinum* y que por el contrario el contenido de materia seca se incrementa en un 1%. A pesar que en la mayoría de los casos la tasa de crecimiento de las pasturas es menor cuando crecen bajo la sombra que a libre exposición solar, no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución en la incidencia de energía lumínica. Los datos obtenidos pueden variar dependiendo de la zona de estudio y del manejo que se haga sobre las pasturas (Horne y Blair 1991, citado por Pezo e Ibrahim, 1998).

Figura 12. Contenido materia seca (%) de *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de la especie *S. humboldtii*



Fuente: este estudio.

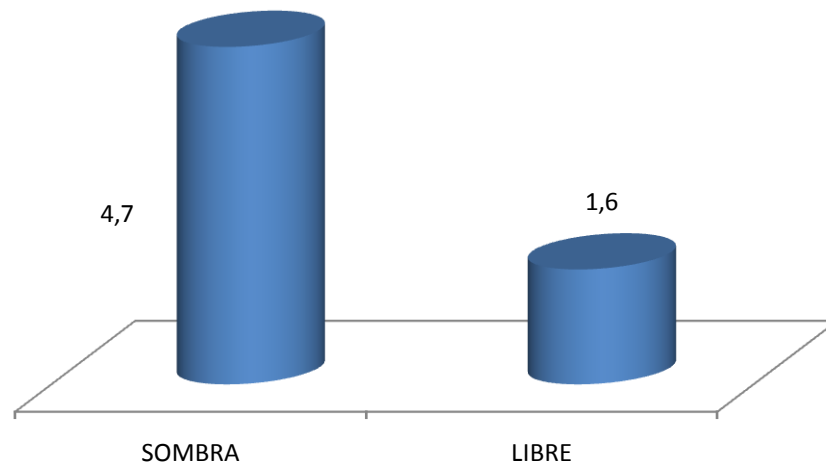
Figura 13. Producción forraje verde (gr/m²) de *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de la especie *S. humboldtii*



Fuente: este estudio.

3.3.2.3. Evaluación del comportamiento del vigor del *P. clandestinum* bajo la cubierta de *S. humboldtii*. Dentro de los resultados obtenidos en la investigación se encontró que el estado del *P. clandestinum* bajo sombra fue de 4.7 mayor vigor superando en 193.7% al de libre exposición, esta situación se debe a que los árboles brindan condiciones de temperatura y humedad que no presentan variaciones significativas y se mantienen fluctuando cerca de la media (Mahecha, 2003), de esta manera se puede reducir el estrés en las gramíneas producido por las variaciones excesivas de la temperatura y humedad (figura 14).

Figura 14. Vigor del *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de *S. humboldtii*



Fuente: este estudio.

3.4 MODELO DE ESTABLECIMIENTO DEL ARREGLO SILVOPASTORIL

Desde una descripción de la botánica, las especies vegetales leñosas son aquellas que poseen lignina en sus tejidos y derivados de la celulosa, que les brindan su consistencia rígida (Ospina, 2006).

Las especies leñosas dispersas en pasturas pueden ser establecidas por el productor con el fin de hacer algún tipo de aprovechamiento posterior obteniendo un excedente de la producción ganadera. Entre los productos que se obtienen de estas especies leñosas están madera, postes, leña, frutos, artesanías, tinturas, medicina y sombra.

3.4.1 Características de la especie *S. humboldtii* en la zona de estudio. La especie *S. humboldtii* presentó dentro de sus variables dasométricas (tabla 7), una altura total promedio de 16.9 mts con un máximo de 24.5 mts y un mínimo de 8.5 mts, también mostró una altura comercial en promedio de 22.1 mts con un máximo de 22.1 mts y un mínimo de 7.9 mts, con respecto al diámetro a la altura del pecho el promedio fue de 39.1 con un máximo de 65.2 y un mínimo de 15.2, además la especie presentó un volumen promedio de 2.08 m³ con un máximo de 6.49 m³ y un mínimo de 0.16 m³.

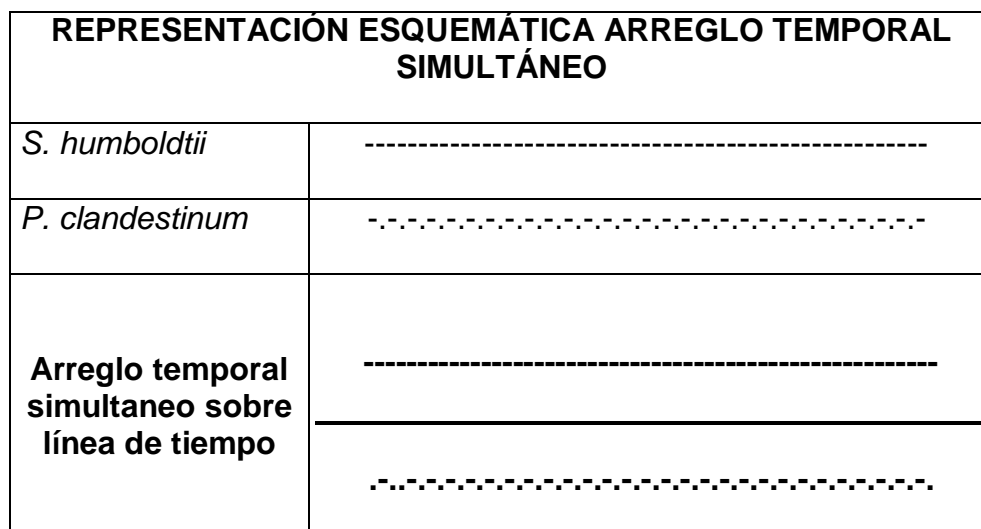
Tabla 7. Análisis descriptivo de las variables dasométricas de la especie *S.humboldtii*

	Altura total (mts)	Altura comercial (mts)	DAP	Volumen (mts ³)
Mínimo	8.5	7.9	15.2	0.16
Máximo	24.5	22.1	65.2	6.49
Media	16.9	15.1	39.1	2.08
Desviación Típica	4.3	4.0	15.2	1.88

Fuente: este estudio.

3.4.2 Criterio Estructural del sistema silvopastoril. Dentro de las tecnologías forestales se debe realizar una clasificación de acuerdo a la dinámica de los componentes leñoso y no leñoso, en este caso *S. humboldtii* y *P. clandestinum* respectivamente (Figura 15). El componente leñoso y no leñoso tendrá varias entradas y salidas permanentes en el tiempo de funcionamiento del sistema representados en raleos, podas, entresacas, pastoreos en rotación. Como sugerencia del presente estudio se plantea un arreglo con las dos especies estudiadas para una hectárea; este sistema presenta el componente leñoso organizado en filas de 12 mts con respecto a la posición E-W (Este – Oeste) y en filas de 11 mts con respecto a la posición N-S (Norte – Sur) (Figura 16). Para establecer estas medidas se tuvo en cuenta la distancia media de la sombra proyectada mas la desviación estándar en las posiciones Este – Oeste y Norte – sur (tabla 8), el componente no leñoso se encuentra esparcido alrededor de los árboles; estos componentes tienen una distribución vertical biestratificada lo cual permite generar beneficios forestales (Ospina, 2006).

Figura 15. Representación esquemática de arreglo temporal simultaneo entre *S. humboldtii* y *P. clandestinum*



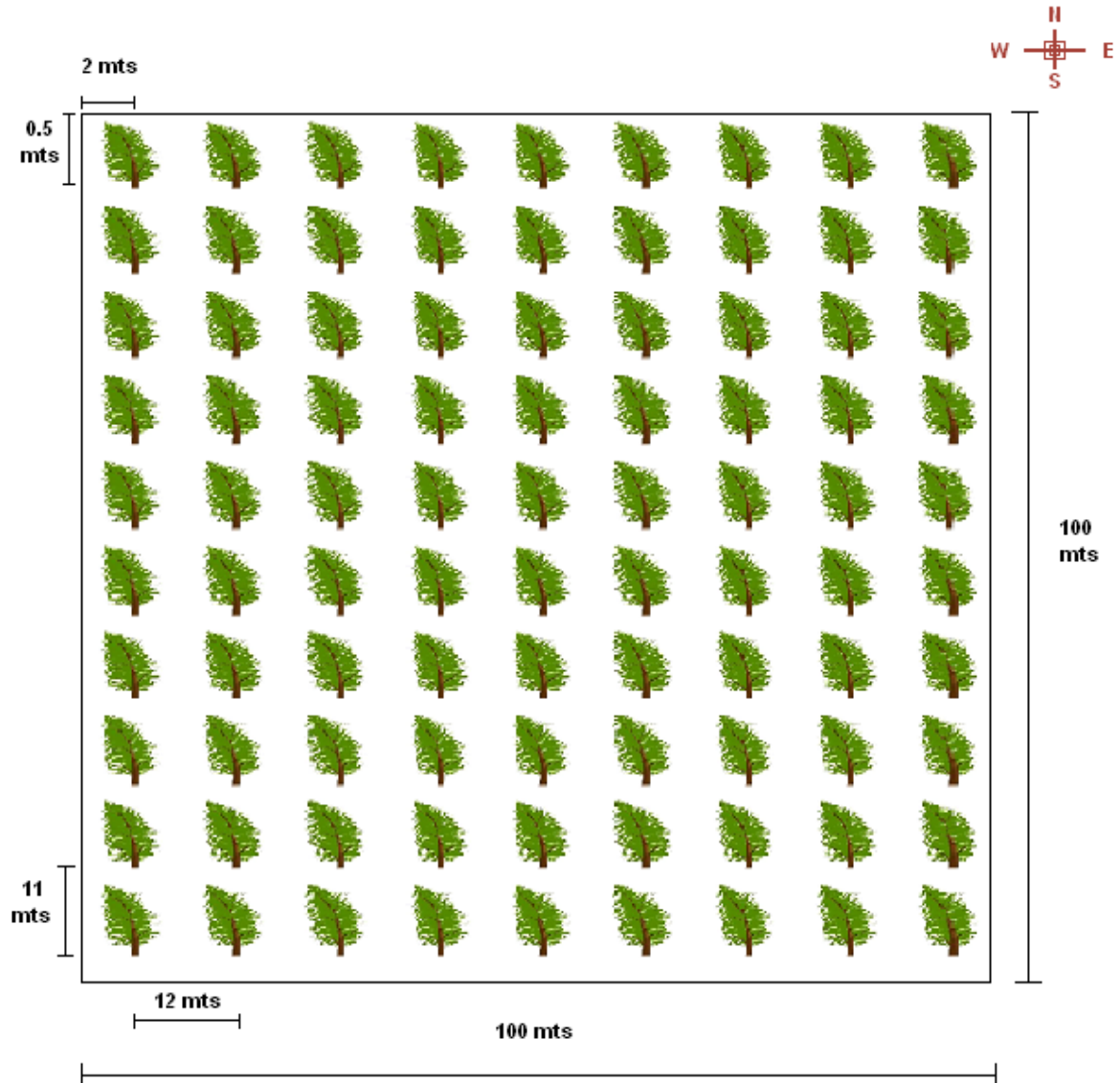
Fuente: Ospina, 2006.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la variable sombra de *S. humboldtii*

	NORTE-SUR	ESTE-OESTE
<i>Mínimo (mts)</i>	4.2	4.4
<i>Máximo (mts)</i>	14.2	16.5
<i>Media (mts)</i>	8	8.9
<i>Desviación Típica</i>	2.6	3.0

Fuente: este estudio.

Figura 16. Arreglo silvopastoril



Fuente: este estudio.

3.4.3 Criterio ecológico del sistema pastoril. A partir de distintos puntos de vista se ha demostrado que la agroforestería es un uso que se le da a la tierra y presenta alta conversión de energía solar en biomasa, principalmente transformada en madera, además reúne una alta biodiversidad, conserva suelo y agua, y regula el microclima. Las proyecciones de volúmenes de madera de la especie en este estudio se ven representadas en la Tabla 9. El sistema silvopastoril a partir de *S. humboldtii* en praderas de *P. clandestinum* mejora la capacidad de acumulación de biomasa ya que se aumenta la cantidad de forraje verde como se muestra en la figura 17. La copa del árbol además de proveer la sombra que favorece el crecimiento del *P. clandestinum* es una barrera contra la

lluvia directa responsable del deterioro del suelo por erosión pluvial y contaminación de fuentes hídricas por lixiviados de materia orgánica (cuadro 5), también proporciona un microclima que permite que no hayan grandes fluctuaciones en cuanto a los factores de temperatura y humedad que generan beneficios para el ganado vacuno ya que por su característica de ser homeotermo requiere de estas cubiertas protectoras (Ospina, 2006).

Los árboles de sauce, como especie pionera, se adaptan bien a terrenos ásperos, sus tasas relativamente altas de transpiración y su resistencia a inundaciones estacionales, con sus raíces superficiales que se extienden varios metros por el terreno, son ventajas particularmente en tierras húmedas, donde el control de la escorrentía freática es esencial para reducir la contaminación (FAO, 2010).

Cuadro 4. Principales recursos forestales conservados en sistemas silvopastoriles

PRINCIPALES RECURSOS FORESTALES CONSERVADOS EN SISTEMAS SILVOPASTORILES				
Capacidad de acumulación de biomasa.	Capacidad de conservación de la biodiversidad.	Capacidad de conservación del suelo.	Capacidad de conservación del agua.	Capacidad de regulación microclimática.

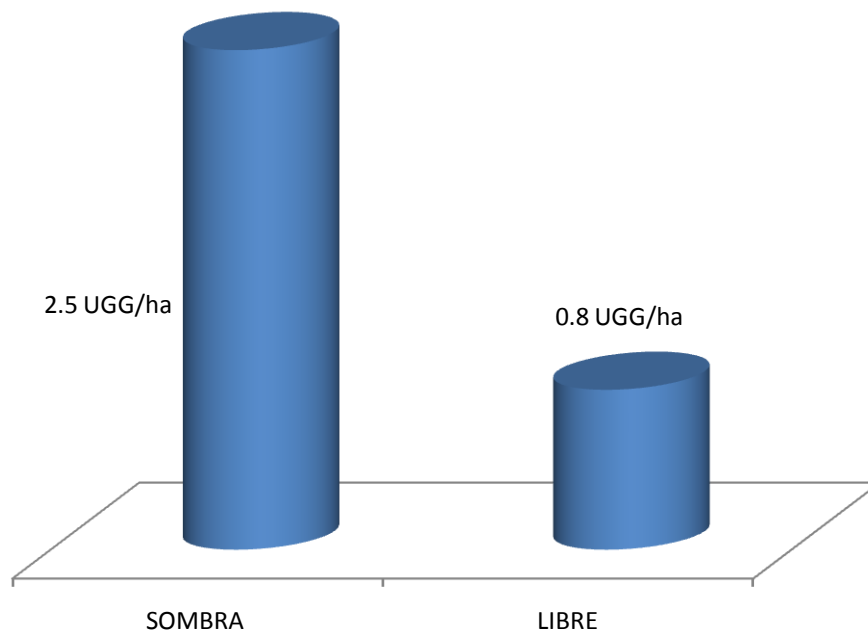
Fuente: este estudio.

Tabla 9. Proyección del volumen de los árboles seleccionados

PROYECCION DE VOLÚMENES	
Volumen promedio m³ (31 árboles)	2.08
Volumen total m³ (31 árboles)	64.57
Volumen esperado en el sistema m³ (90 árboles)	187.2

Fuente: este estudio.

Figura 17. Capacidad de carga del *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de *S. humboldtii*



Fuente: este estudio.

3.4.4 Criterio funcional. Desde el punto de vista funcional el sistema puede brindar productos y servicios, en cuanto a los productos la función principal es producir madera para leña, independiente de otros usos potenciales (postes, artesanías, construcciones livianas) y dentro de los servicios se busca generar una regulación microclimática y aumento de la productividad del sistema (cuadro 6). El aumento de la productividad del sistema se observa en la capacidad de carga media pasando de 0.8 UGG/ha en libre exposición a 2.5 UGG/ha bajo la copa, alcanzando un máximo bajo sombra de 4.87 UGG/ha y un mínimo de 1.53 UGG/ha mientras que a libre exposición se alcanza un máximo de 1.49 UGG/ha y un mínimo de 0.39 UGG/ha, los cálculos se basaron en una hectárea con pérdidas por pastoreo del 30%, con un sistema de rotación de 47 días y una capacidad de consumo del 15% del peso vivo (450 kg) en forraje verde durante un año (Tabla 10). La capacidad de carga bajo sombra supera a la capacidad de carga a libre exposición mostrando un mayor rendimiento, este rendimiento (UGG/ha) se puede mejorar si se realizan actividades silvícolas que favorezcan el desarrollo del sistema silvopastoril.

Cuadro 5. Productos y servicios de los sistemas silvopastoriles

PRODUCTOS Y SERVICIOS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	
PRODUCTOS	SERVICIOS
<ul style="list-style-type: none"> - Madera. - Forraje y/o abono verde, frutas. - Productos alimenticios de origen animal. - Productos alimenticios de origen vegetal. - Materiales de uso artesanal o/e industrial 	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperación o conservación de suelos, control de la erosión. - Aumento de la productividad del sistema. - Regulación microclimática y/o agua/humedad. - Impedir el paso de personas y/o animales. - Delimitación de áreas en finca y/o entre fincas.

Fuente: Ospina, 2006.

Tabla 10. Análisis descriptivo de la capacidad de carga de *P. clandestinum* dentro y fuera del área de sombra de *S. humboldtii*

	SOMBRA	LIBRE.
<i>Mínimo UGG</i>	1.53	0.39
<i>Máximo UGG</i>	4.87	1.49
<i>Media UGG</i>	2.5	0.78
<i>Desviación Típica</i>	0.77	0.32

Fuente: este estudio.

4. CONCLUSIONES

El estudio demostró que la especie *S. humboldtii* proporciona condiciones favorables para el establecimiento y crecimiento de *P. clandestinum* en sistemas silvopastoriles.

El sombreado generado por la especie *S. humboldtii* permitió una reducción en la temperatura y humedad, con una desviación estándar muy baja.

La intensidad lumínica bajo la copa de *S. humboldtii* disminuyó significativamente con respecto a libre exposición, sin embargo el porcentaje de penetración lumínica favorece el crecimiento de *P. clandestinum*.

Los efectos del componente arbóreo en sistemas silvopastoriles con *S. humboldtii*, generan un aumento favorable en la producción de forraje verde de *P. clandestinum*.

La especie *S. humboldtii* tiene reproducción asexual, alta capacidad de rebrote y un rápido crecimiento, condiciones favorables para el uso en sistemas silvopastoriles

El uso de sistemas silvopastoriles con *S. humboldtii* Y *P. clandestinum* generan beneficios económicos (aumento en la capacidad de carga animal, entradas por venta de madera), además proporciona servicios ambientales de manera indirecta (protección de cauces, recuperación y protección de suelos, ciclaje de nutrientes).

5. RECOMENDACIONES

Es necesario realizar la mayor cantidad de estudios posibles de este tipo, con el fin de obtener una base de datos que permita seleccionar con mejores criterios el tipo de sistema silvopastoril de mayor rendimiento en una determinada zona.

Se recomienda el uso de *P. clandestinum* bajo cubiertas de *S. humboldtii*, como alternativa de producción sostenible para el valle Sibundoy, pudiéndose replicar en zonas con condiciones ambientales similares.

Hacer un estudio complementario con *S. humboldtii* y otras especies forrajeras rastreras como base para la comparación y posterior análisis de rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

CIPAV. El sauce: una especie autóctona con múltiples aplicaciones en los sistemas silvopastoriles [en línea]. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Bogotá, 2007. [Consultado 02 de Agosto de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.portal.fedegan.org.co/.../7.1%20GANADERIA%20Y%20AMBIENTE%20FLOR%20AMIGA>

CONABIO. Especies nativas para la Reforestación. *Salix Humboldtiana*, Mexico, 2009. [Consultado el 10 julio de 2010]. Internet: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/63-salic1m.pdf

CORPOICA. Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes [en línea]. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Tolima, 2006. [Consultado el 17 de febrero de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Silvopastoriles.pdf>

DOMINGUEZ, A. Instrumentos para la medición de variables dasométricas. Revista digital innovación y experiencias educativas, Posadas Córdoba, 2010. [Consultado el 17 de marzo de 2010]. Disponible en internet: http://www.csicsif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_28/ALFREDO_DOMINGUEZ_ESCRIBANO_02.pdf

EL SEMILLERO. Adaptación, usos, madera, vivero, rendimientos y silvicultura de 95 especies, Sauce llorón. Guía de Reforestación [en línea]. Bogotá, 2010. [Consultado 10 febrero de 2010]. Disponible en Internet: http://www.elsemillero.net/sauce_lloron.html

FAO. Mejora genética de los cultivos de sauce (*Salix* spp.) con fines bioenergéticos y medioambientales en los Estados Unidos [en línea]. Estados Unidos, 2010. [Consultado 02 de Agosto de 2009]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/docrep/008/a0026s/a0026s12.htm>

FEDEGAN. Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019. [en línea] Bogotá, 2006. [Consultado el 9 de febrero de 2010]. Disponible en internet: http://portal.fedegan.org.co/Documentos/pega_2019.pdf

FUNDACIÓN OPCIÓN PUTUMAYO. Conservación y producción sostenible en reservas naturales de la sociedad civil del nodo Quindicocha de Resnatur, Sibundoy, 2006. 1 cartilla.

GOBERNACION DE PUTUMAYO. Aspectos económicos municipio de San Francisco [en línea]. Mocoa, 2007. [Consultado 10 febrero de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.putumayo.gov.co/munfco.htm>

GUIA DE CUBICACION Y TRANSPORTE FORESTAL. Medición de árboles en pie. Biofor. Diciembre, 2003. [Consultado el 7 de febrero de 2010]. Disponible en internet: <http://www.chmguatemala.gob.gt/informacion/manejo-forestal/manejo-forestal/Guia%20de%20Cubicacion%20y%20Transporte%20Forestal.pdf>

INFOJARDIN. Ficha técnica de especies: Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) [en línea]. Bogotá, 2010. [Consultado el 5 de febrero de 2010]. Disponible en Internet: <http://fichas.infojardin.com/cesped/pennisetum-clandestinum-kikuyo-kikuyu-grama-gruesa-pasto-afr.htm>

MAHECHA, L. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Universidad de Antioquia. Medellín, 2002.p 226-231.

MONSERRAT, P. La sombra y sus efectos sobre el pasto. Madrid, 1961. [Consultado el 15 de mayo de 2010]. Disponible en internet: http://pedromontserrat.files.wordpress.com/2008/02/057_sombra_pasto_1961.pdf

OSPINA, A. Aspectos conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. En: Agroforestería. 2da edición, Santiago de Cali, 2006. 210 p.

PEZO, D y IBRAHIM, M. Sistemas silvopastoriles, centro agronómico de investigación y enseñanza CATIE [en línea]. Costa Rica, 1998. [Consultado el 10 de febrero de 2010]. Disponible en internet: http://books.google.com.co/books?id=_pYOAQAIAAJ&pg=PA168&lpg=PA168&d

[q=pezo+e+ibrahim+1998&source=bl&ots=SVSvuVHf_Y&sig=IVvkR78obIH4LY6KCmgSaildJM&hl=es&ei=0MecTKmRNMP98AaJit26Dg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBQQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://www.valledesibundoy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=37)

PLAN ECOTURISTICO DEL VALLE DE SIBUNDOY. San Francisco-Putumayo, [en línea]. Alcaldía Municipio de Sibundoy, 2009. [Consultado 20 febrero de 2010]. Disponible en Internet: http://www.valledesibundoy.com/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=37

RENDON, E y POLANIA, L. Línea base de especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera, en el peniplano de Popayán. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2009. 102 p.

REYES, G y NAVIA, R. Efecto de la sombra de cuatro especies arbóreas sobre la producción del forraje *Brachiaria decumbens* en el peniplano de Popayán. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario. Popayán: Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2010. 70 p

VÁZQUEZ, Y, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. [Consultado el 15 de febrero de 2010] Disponible en Internet: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/63-salic1m.pdf

VIVAS, N. Evaluación agronómica de 137 accesiones de *Desmodium velutinum* en la estación experimental CIAT, Santander de Quilichao. Tesis de Maestría en Producción Animal Tropical. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 2005.

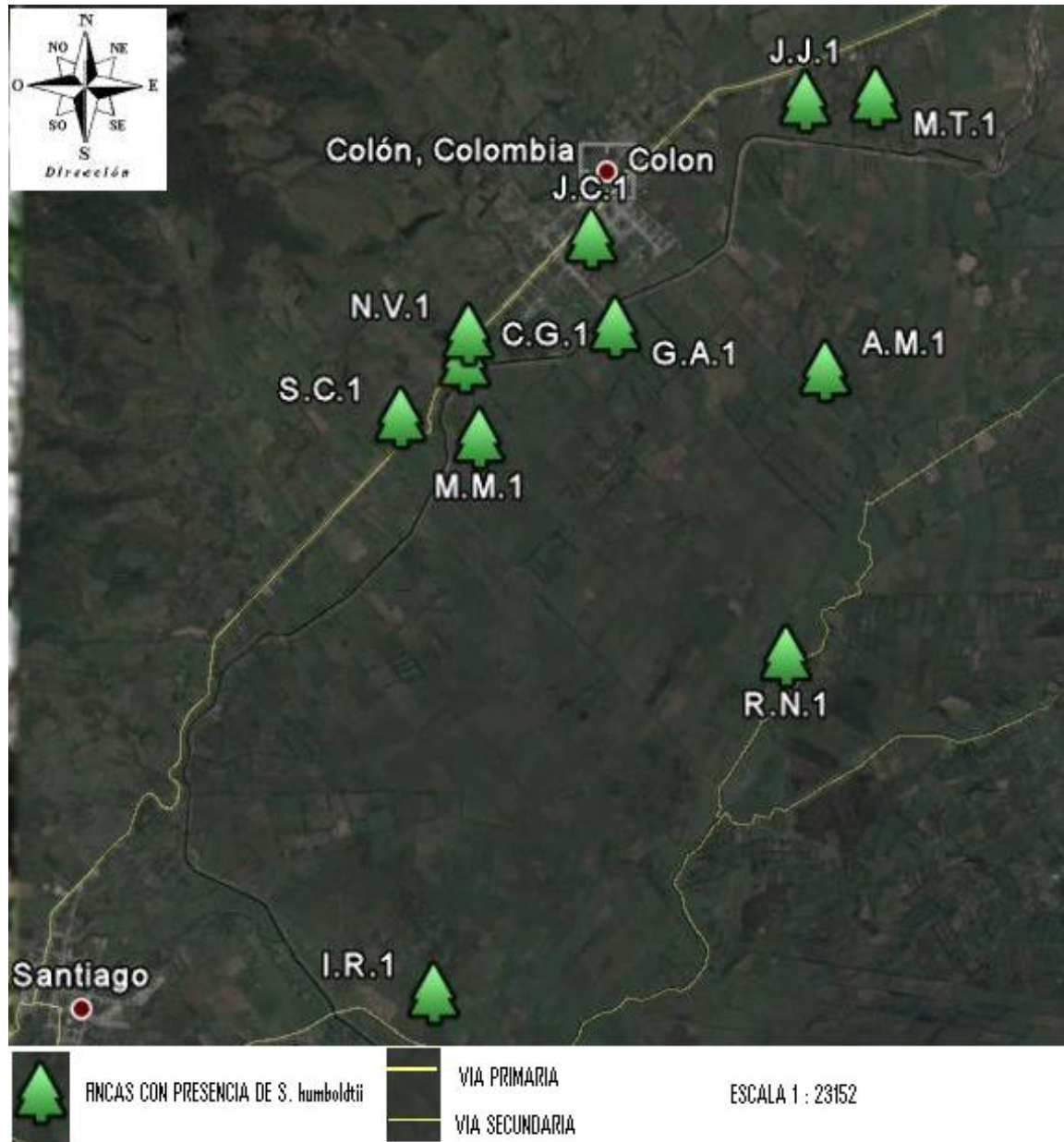
ANEXOS

Anexo A. Georreferenciación de las fincas evaluadas

FINCA	NORTE	ESTE
Jorge Córdoba (J.C.1)	01'11"12.7"	076'58"25.2"
Navor Viveros (N.V.1)	01'10"53.2"	076'58"50.4"
Celimo Granda (C.G.1)	01'10"48.7"	076'58"55.1"
Guillermo Arévalo (G.A.1)	01'10"55.5"	076'58"35.3"
Miguel Muriel (M.M.1)	01'10"35.6"	076'58"53.6"
Silvio Cabrera (S.C.1)	01'10"37.7"	076'59"04.2"
Alba Montero (A.M.1)	01'10"47.3"	076'57"36.7"
Rosa Navarro (R.N.1)	01'09"51.8"	076'57"43.7"
José Jojoa (J.J.1)	01'11'40.2"	076'57"41.1"
Miriam Tandioy (M.T.1)	01'11"42.2"	076'57"26.2
Isabel Reina (I.R.1)	01'08"42.2"	076'58"54.8"

Fuente: Modificado de Navia y Reyes, 2010.

Anexo B. Ubicación de las fincas seleccionadas en el municipio de Colón



Fuente: Adaptado de Google Earth, 2010.

