

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y POTENCIAL FORRAJERO DEL GUARANGO
(*Mimosa quitensis*) EN LOS MUNICIPIOS DE POPAYÁN, SILVIA, TOTORÓ Y
PURACÉ, DEPARTAMENTO DEL CAUCA

JAMIR ACHIPIZ FAJARDO
GEISON MAURICIO GÁLVEZ CAMPO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2010

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y POTENCIAL FORRAJERO DEL GUARANGO
(*Mimosa quitensis*) EN LOS MUNICIPIOS DE POPAYÁN, SILVIA, TOTORÓ Y
PURACÉ, DEPARTAMENTO DEL CAUCA

JAMIR ACHIPIZ FAJARDO
GEISON MAURICIO GALVEZ CAMPO

Trabajo de grado en la modalidad de Investigación como requisito para optar al
título de Ingenieros Agropecuarios

Directores
Sandra Morales Velasco, M.Sc.
Nelson José Vivas Quila, M.Sc.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROPECUARIA
POPAYÁN
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.

Directora trabajo de grado
SANDRA MORALES M. Sc.

Director trabajo de grado
NELSON VIVAS QUILA M. Sc.

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, 2 de noviembre de 2010.

AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos a nuestros padres por su apoyo constante e incondicional en nuestras vidas.

A los profesores Sandra Morales y Nelson Vivas por su apoyo, orientación y disposición permanente durante el desarrollo de esta investigación.

A todos y cada uno que de alguna manera contribuyeron con el suministro de la información necesaria para el desarrollo y culminación de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 LEGUMINOSAS	15
1.1.1 Clasificación taxonómica	15
1.1.2 Morfología de las leguminosas	15
1.1.3 Leguminosas como alternativa de alimentación animal	17
1.1.4 Formas de uso para las leguminosas	19
1.1.4.1 Asociaciones con gramíneas	19
1.1.4.2 Bancos de proteína	19
1.1.5 Características deseables de las leguminosas arbustivas forrajeras	20
1.2 EL GÉNERO MIMOSA DENTRO DE LA FAMILIA LEGUMINOSEAE	20
1.3 PRÁCTICAS IMPORTANTES PARA EL MANEJO DE SEMILLAS	22
1.4 ESCARIFICACIÓN DE SEMILLAS	23
1.4.1 Escarificación mecánica	23
1.4.2 Escarificación química	23
1.4.3 Escarificación por remojo	23
1.5 LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS	24

2. MÉTODOS	26
2.1 LOCALIZACIÓN	26
2.2 ACTIVIDADES REALIZADAS	27
2.2.1 Recopilación de información	27
2.2.2 Evaluación de aspectos productivos de la especie	28
2.2.3 Aspectos nutricionales de la especie	29
2.2.4 Características biométricas de la especie	30
2.2.5 Evaluación de la calidad y viabilidad de semillas	30
2.2.5.1 Prueba de viabilidad	30
2.2.5.2 Germinación de semillas de <i>Mimosa quitensis</i>	31
2.2.5.3 Porcentaje de emergencia de semillas de <i>Mimosa quitensis</i>	32
2.2.6 Análisis y sistematización de información	32
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1 ASPECTOS GENERALES DE LA ESPECIE	33
3.1.1 Clasificación taxonómica	33
3.1.2 Origen	33
3.1.3 Descripción botánica	34
3.2 ASPECTOS PRODUCTIVOS DE LA ESPECIE	39
3.3 CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE DE <i>Mimosa quitensis</i>	41

3.4 ASPECTOS BIOMÉTRICOS	45
3.4.1 Especies asociadas a su área de sombra	45
3.5 VIABILIDAD Y CALIDAD DE SEMILLAS	48
3.5.1 Prueba de viabilidad en tetrazolio	48
3.5.2 Germinación de semillas de <i>Mimosa quitensis</i>	50
3.5.3 Porcentaje de emergencia de semillas de <i>Mimosa quitensis</i>	51
3.6 FORMAS DE USO FRECUENTES DE LA ESPECIE	52
3.6.1 Alternativas de uso	54
4 CONCLUSIONES	57
5 RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	68

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Distribución de tratamientos	32
Cuadro 2. Descriptores estadísticos para variables productivas	39
Cuadro 3. Análisis bromatológico del follaje de <i>Mimosa quitensis</i>	41
Cuadro 4. Descriptores estadísticos para variables biométricas	45
Cuadro 5. Especies asociadas bajo el sombrío de <i>Mimosa quiensis</i> en la zona de estudio	46
Cuadro 6. Resultados de la prueba de germinación bajo cuatro métodos de escarificación	51
Cuadro 7. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia en semillas de <i>Mimosa quitensis</i> bajo cuatro métodos de escarificación	52

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización de la zona de estudio	26
Figura 2. Zocas de <i>Mimosa quitensis</i>	28
Figura 3. Evaluación del diámetro de rebrotes	29
Figura 4. Germinación en <i>Mimosa quitensis</i> bajo cuatro métodos de escarificación	31
Figura 5. Evaluación del porcentaje de emergencia bajo cuatro métodos de escarificación	32
Figura 6. Distribución geográfica del origen de <i>Mimosa quitensis</i>	34
Figura 7. Raíz de <i>Mimosa quitensis</i>	35
Figura 8. Tallo de <i>Mimosa quitensis</i>	35
Figura 9. Hoja de <i>Mimosa quitensis</i>	37
Figura 10. Ramificación	37
Figura 11. Inflorescencia de <i>Mimosa quitensis</i>	38
Figura 12. Fructificación de <i>Mimosa quitensis</i>	38
Figura 13. Evaluación de variables productivas en <i>Mimosa quitensis</i> en la zona de estudio	40
Figura 14. Familias asociadas a zonas con cobertura de <i>Mimosa quitensis</i>	47
Figura 15. Determinación del porcentaje de viabilidad en semillas de	

<i>Mimosa quitensis</i> mediante la prueba de tetrazolio	48
Figura 16. Semillas viables en tetrazolio	49
Figura 17. Curva de germinación de semillas bajo cuatro métodos de escarificación	50
Figura 18. Germinación acumulada de semillas de <i>Mimosa quitensis</i> bajo cuatro métodos de escarificación	51
Figura 19. Usos frecuentes de <i>Mimosa quitensis</i> en la zona de estudio	53
Figura 20. Esquema vertical de un arreglo guarango- aliso como cerca viva	54
Figura 21 Esquema de arboles distribuidos en potreros sembrados a tresbolillo	55
Figura 22. Esquema vertical de un arreglo de doble estrato aliso - guarango	56

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Usos más frecuentes de <i>Mimosa quitensis</i> en la zona de estudio	68
Anexo B. Especies asociadas bajo el sombrío de <i>Mimosa quitensis</i> en la zona de estudio	70
Anexo C. Análisis de varianza para la evaluación del porcentaje de emergencia	76

RESUMEN

En el presente documento se presentan los resultados logrados en la investigación del potencial forrajero y descripción botánica del guarango (*Mimosa quitensis*) que se perfila como una de las especies con posibilidades de uso en los sistemas ganaderos del trópico alto. La investigación se realizó en las localidades de los municipios de Popayán, Silvia, Puracé y Totoró del Departamento del Cauca en el rango altitudinal comprendido entre los 2000 a 3000 msnm, incluyendo la recopilación histórica de información sobre el origen de la especie y descripción botánica, además de la evaluación de aspectos productivos como capacidad de regeneración después de cortes, vigor, diámetro, peso y altura de rebrotes, al igual que parámetros biométricos como área de sombrero alcanzada por la copa en árboles adultos y formas de uso frecuentes de la especie en los sistemas ganaderos de la zona. A la vez, se llevó a cabo el estudio de parámetros reproductivos como calidad y viabilidad de las semillas, sumado a pruebas de germinación y emergencia a través de la aplicación de cuatro métodos diferentes de escarificación. Finalmente, se realizó una propuesta sobre posibles arreglos forestales que pueden ser implementados en la zona para mejorar los sistemas ganaderos. Producto de la investigación se encontró que *Mimosa quitensis* es una especie propia de los ecosistemas andinos del sur de Colombia y Norte de Ecuador caracterizada por su fácil dispersión a través de semillas. Si bien es una especie que es consumida por los bovinos, los resultados de análisis bromatológicos realizados muestran que sus contenidos de taninos y fibra detergente neutra son altos, lo cual puede llegar a interferir negativamente en la digestibilidad de su forraje. Sin embargo se resaltan otros aspectos de tipo agrológico que pueden ser aprovechados a través de la implementación en los agroecosistemas regionales. Por otra parte las pruebas de escarificación permitieron identificar que el tratamiento de las semillas con lija y remojo en agua o tratamientos con agua caliente pueden acelerar el proceso de germinación, siendo esto importante para el establecimiento de viveros dirigidos a fomentar la especie en la zona. A continuación se presentan los resultados producto del presente estudio.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mayor conflicto por el uso del suelo está dado por la ganadería, sin embargo la producción agrícola presenta también áreas en conflicto por prácticas inadecuadas como la tala y quema principalmente en zonas de altas pendientes producto de unos modelos de producción inapropiado para las condiciones del trópico. Las pérdidas de cobertura boscosa ha significado la alteración de los flujos de producción y regulación de aguas, pérdida de fertilidad de los suelos, disminución de las especies vegetales y animales, así como especies de macro y microorganismos que intervienen en la dinámica de reciclaje de los nutrientes en la relación planta suelo que mantiene la fertilidad de los ecosistemas naturales. Ello hace que sea necesario el enfoque de la producción agrícola y ganadera hacia modelos más eficientes en términos de los flujos energéticos. En este sentido como lo afirma Gómez *et al* (1997) el uso de especies arbustivas favorecen y mejoran las condiciones del suelo, logrando con ello mejorar las condiciones productivas del mismo.

El Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias (ILRI, 1997) prevee que la demanda de leche y carne se duplicará en 2020, correspondiendo el mayor aumento a los países en desarrollo con la limitada oferta de piensos que se constituye en el principal obstáculo para satisfacer la demanda creciente de la alimentación animal, sobre todo para los pequeños agricultores. Por lo tanto el uso de árboles forrajeros, junto con rastrojos será una de las estrategias principales para superar ese obstáculo. Así, la introducción de árboles y arbustos de la familia de las leguminosas en los sistemas agroforestales y de alimentación del ganado es prometedora para satisfacer la demanda creciente de alimentos en todo el mundo. Además de su valor como alimento para el ganado, las leguminosas arbustivas son apreciadas por sus variadas contribuciones a la productividad de los sistemas agrícolas, por sus usos domésticos y su papel en la protección del medio ambiente. La flexibilidad de sus usos les da un valor especial tanto para el pequeño agricultor de subsistencia como para las grandes explotaciones comerciales (Shelton, 1999).

Hasta hace poco los árboles como recurso alimenticio habían sido ignorados debido al desconocimiento de su uso potencial y a la carencia de iniciativa para desarrollar sistemas alimenticios más innovadores (Rosales *et al*,1998). Sin embargo actualmente los sistemas de producción agropecuarios han retomado como objetivo alcanzar una comunidad estable con varios estratos de plantas productoras de follaje y/o frutos con valor nutritivo complementario a los monocultivos que son básicamente gramíneas con sistema radicular poco profundo y por lo tanto una limitada producción de forraje. Estos estratos pueden ser árboles que proporcionan sombra, se utilizan como cercos vivos y mejoran la

calidad nutritiva de las praderas, además poseen un sistema radicular más profundo y desarrollado, característica que les permite producir forraje en periodos secos. Del mismo modo este tipo de sistemas ofrece un estrato medio trepador y herbáceo donde se agrupa un sin número de leguminosas que coactan para mejorar las condiciones edáficas y la calidad nutritiva de las praderas entre otras funciones (Sánchez, 1998), por lo que investigaciones en el área han descubierto el papel significativo de árboles forrajeros en la alimentación animal.

En Colombia como lo expresa Uribe (1997) apenas se está generando el proceso de desarrollo, conocimiento y valoración científica de los sistemas de producción silvopastoriles que permitan recomendar especies promisorias para agroecosistemas específicos y sistemas de producción pecuaria tanto en funciones de productividad de biomasa como en su valor nutritivo. En este sentido el estudio de especies regionales como el guarango (*Mimosa quitensis*) cobra importancia para el diseño de sistemas ganaderos que incluyan este componente arbóreo en aquellas zonas del trópico alto caucano, logrando así mejorar los parámetros productivos y reducir los efectos derivados de esta actividad económica. Sumado a lo anterior, los escasos estudios referentes a cualidades agronómicas y productivas de la especie hacen necesario que se adelanten investigaciones para evaluar el verdadero potencial como fuente de forraje.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar una descripción morfológica, estudiar la historia natural, al igual que aspectos productivos de la especie en los municipios de Silvia, Puracé, Totoró y Popayán del departamento del Cauca. El desarrollo se realiza a partir de la recopilación de información histórica de la especie mediante consulta de fuentes primarias y secundarias, además de la identificación de los usos actuales en la zona. Finalmente se realiza una evaluación de calidad y viabilidad de las semillas al igual que la evaluación del potencial productivo a partir de parámetros como capacidad de rebrote, producción de forraje verde y materia seca.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 LEGUMINOSAS

La familia de las leguminosas es la tercera más importante dentro del reino vegetal con 650 géneros y 18,000 especies que crecen en todos los medios y regiones climáticas, sin embargo solamente se utilizan alrededor de 20 de manera regular en la alimentación humana y animal o en la industria oleaginosa (NAS, 1979). Muchas de ellas son herbáceas pero también hay especies trepadoras, arbóreas y arbustivas e incluso plantas acuáticas, caracterizadas por su habilidad de fijar nitrógeno atmosférico y transferirlo al suelo para convertirlo en proteína (NAS, 1979). Las leguminosas son especies distribuidas por todo el mundo, pero la mayor variedad crece en los trópicos y sub trópicos. De las miles de especies de leguminosas conocidas, menos de veinte son usadas hoy en forma extensiva; el resto son poco sembradas y muchas de ellas aún no han sido estudiadas por la ciencia. Tienen un valor biológico elevado y brindan grandes beneficios al ecosistema ya que fijan nitrógeno del aire y adicionan al suelo una materia orgánica de alto valor biológico; además, mejoran la estructura y reciclan nutrientes de capas profundas del suelo a sitios hasta donde las gramíneas no llegan.

1.1.1 Clasificación taxonómica. Según Cronquist (1981), la familia de las leguminosas presenta la siguiente clasificación.

Orden: rosales

Familia: *leguminoseae*

Subfamilias: *Mimosoidae, Caesalpinoideae, Papilionoidae, o faboidae.*

1.1.2 Morfología de las leguminosas. Las leguminosas poseen características propias que se diferencian entre sí por su unidad morfológica, hábito de crecimiento y por la forma de sus hojas (Sierra, 2002). A continuación se presenta una descripción de las características más sobresalientes de cada una de sus partes.

– **Raíz:** las leguminosas se desarrollan a partir de una radícula grande del embrión y forman un pivote fuerte capaz de penetrar suelos duros, el que a su vez se ramifica y forman raíces laterales y una amplia red de pelos radicales. Se caracteriza por la presencia de nódulos, que son excrecencias laterales de origen

parenquimatoso, con un sistema vascular suplementario que se conecta al sistema vascular de la raíz (Sierra, 2002).

– **Tallo:** el tallo se origina de la plúmula que por división de las células hace posible el crecimiento del eje principal de la plántula dando origen a las ramas laterales a partir de las yemas. El engrosamiento del tallo y las raíces en las especies perennes de tallos leñosos se deben al aumento del volumen a causa de la división de las células del cambium, donde se diferencia la zona de crecimiento. Esta diferenciación no existe en las especies de tallos herbáceos, las cuales presentan un tallo meduloso ramificado y nutritivo (Sierra, 2002).

– **Hojas:** las hojas se ordenan en el tallo de forma alterna, pecioladas o sentadas con o sin estipulas y pueden transformarse en zarcillos o espinas. Son compuestas o recompuestas, paripinnadas, en algunos casos digitadas, trifoliadas o unifoliadas. También pueden ser de forma ovalada, cundiforme o lanceolada, con nerviación reticulada. Los folíolos presentan en el haz un color verde más intenso que en el envés y frecuentemente son glabros (lisos sin pubescencias). Las hojas parecen opuestas durante la germinación pero luego se vuelven alternas (Sierra, 2002).

– **Flor:** las flores son conspicuas, normalmente entomófilas y poseen grandes nectarios como el género *Clitoria*. El cáliz está compuesto por cinco piezas (sépalos), igual que la corola, que posee cinco pétalos. En la familia Mimosoideae, los pétalos son todos iguales, con numerosos estambres de dos tamaños y libres y las flores están dispuestas en un capítulo o cabezuela. En general el ovario es unicarpelar, con numerosos óvulos anátropos. El estilo emerge del extremo abierto del tubo estaminífero y se curva hacia arriba en las anteras. La inflorescencia puede ser axilar o terminal, en forma de capítulo o cabezuela en racimo, en racimo de racimos (triada) o en espiga (Sierra, 2002).

– **Fruto:** el fruto de las leguminosas es una legumbre o vaina, con las semillas en hileras. Su tamaño varía desde 1 mm hasta un poco más de 500. En la mayoría de los casos es de forma alargada y comprimida. En algunos casos las legumbres son espermatófitas y lanzan las semillas con violencia. La semilla carece de endospermo o tiene poco. El embrión consta de dos cotiledones ovalados, con reserva amilácea y proteica o de aceite como en la soya. La semilla presenta una radícula grande, una plúmula pequeña y están cubiertas por una testa gruesa que puede ser en algunos casos permeable al agua, además posee un hilo conspicuo (Sierra, 2002).

– **Ramificación:** las ramas se forman a partir de un complejo de yemas localizado siempre en la axila de una hoja o en la intersección de los cotiledones. Este es el llamado complejo axilar que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio del desarrollo. De este complejo axilar, además de ramas, se puede desarrollar otras estructuras como las inflorescencias. El predominio de ramas e inflorescencias dependen del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada. Estas tríadas pueden jugar un papel muy importante en la recuperación o rebrote de las leguminosas volubles cuando se someten a corte o pastoreo. Por esto, es importante no cortarlas o pastorearlas a ras del suelo, teniendo siempre la precaución de dejar en el remanente hojas con tríadas, para que éstas se constituyan en los puntos de crecimiento del nuevo rebrote (Sierra, 2002).

1.1.3 Leguminosas como alternativa de alimentación animal. Las leguminosas forrajeras arbustivas se postulan como un elemento de importancia en la producción ganadera, elevando así la calidad de vida de las comunidades rurales (Benavides, 1994). Se le atribuyen muchos beneficios a los sistemas agrícolas como el mejoramiento de las condiciones de fertilidad del suelo por la fijación natural de nitrógeno atmosférico. De igual manera contribuyen a mejorar el bienestar de las poblaciones rurales y a la protección del medio ambiente (Gómez *et al*, 1995). Hay actualmente muchas especies y variedades disponibles para su uso, con muchas posibilidades de adaptación ecológica; sin embargo no hay una especie única que aporte todos los beneficios buscados, ni una especie que se adapte a todas las condiciones posibles (Shelton, 1999). Según Sánchez (1998), entre las características más resaltantes de las leguminosas como fuente alimenticia se pueden señalar:

- Son una fuente importante de proteínas de buena calidad, dado que poseen una amplia gama de aminoácidos esenciales que las hacen superiores a las gramíneas tropicales.
- Presentan una concentración de nitrógeno en las hojas superior al de las gramíneas.
- Sus contenidos de proteína tienden a disminuir más gradualmente que en las gramíneas, en lo referente con la edad de la planta.
- Son plantas ricas en calcio.

- Presentan bajos niveles de fibras, en comparación con las gramíneas tropicales.
- Mejoradora del suelo desde el punto de vista de la fertilidad por su propiedad de fijar nitrógeno gaseoso de la atmósfera a través de una simbiosis¹ con microorganismos bacterianos del género *Rhizobium*. Esta cualidad de fijar nitrógeno y otros elementos importantes como fósforo le dan a las leguminosas la facultad de habitar en suelos de fertilidad pobre, sin que esto les afecte significativamente en calidad y cantidad de biomasa.

Es importante resaltar también que una de las principales características de las semillas de leguminosas es su elevado contenido de proteína, con valores que van según la especie de 17 a 40 %, niveles aún mayores de carbohidratos y contenido variable de aceite normalmente de 1 a 6%, pero algunas semillas presentan contenidos más elevados como la soya o el cacahuete. De los minerales el fósforo es el más abundante, con bajo contenido de calcio, y se consideran una fuente rica en hierro. Su contenido de tiamina, riboflavina y niacina es también significativo, conteniendo además las otras vitaminas del complejo B, ácido ascórbico, vitamina K y tocoferoles. Su contenido de aminoácidos también varía con la especie, línea genética y condiciones de cultivo. Aun cuando son deficientes en aminoácidos sulfurados, son una fuente rica en lisina y generalmente contienen niveles adecuados de ácido aspártico, ácido glutámico y leucina, por lo que su combinación con cereales resulta en una mezcla bien balanceada para la alimentación humana o animal (Kingman, 1991).

Sin bien esta familia es importante en cuanto a su calidad nutricional, también contiene diferentes sustancias tóxicas o antinutricionales que afectan el metabolismo. Entre estas se encuentran lecitinas, flavonoides, alcaloides, taninos, aminoácidos libres, ácido cianhídrico, factores anti vitaminas D, E y B12, goitrógenos y fitatos, entre otros, los cuales se pueden encontrar desde las hojas hasta en los granos tiernos o secos, reduciendo su calidad alimenticia. Sin embargo, la mayoría de estos factores antinutricionales son eliminados con tratamientos de remojo y térmicos. De la misma forma entre los antinutrientes más importantes se encuentran las lectinas inhibitoras de tripsina, quimiotripsina y alfa amilasa, que interfieren con la digestión de proteínas y carbohidratos, o impiden la absorción de aminoácidos en el tracto digestivo; sin embargo éstas se inactivan

¹. La simbiosis se sucede por medio de los pelos adsorbentes de las raíces que son "infectados" por estas bacterias, formando conglomerados celulares denominados nódulos. La fijación de nitrógeno que se realiza en estos nódulos es aportado al suelo una vez envejecidas o muertas las raíces siendo fácilmente aprovechado por otras plantas. La cantidad de nitrógeno fijado por algunas plantas leguminosas pueden variar de 20 a 560 Kg./ha año, dependiendo del suelo y de la humedad disponible en el medio agroecológico (Sánchez, 2002)

con tratamiento térmico. Otros antinutrientes como los aminoácidos libres, taninos, fitatos y saponinas son resistentes al calor, por lo que se requiere de tratamientos especiales, para reducir su actividad (NAS, Liener, Nowacki, Kingman, Jansman, Grant *et al*, Pusztaí *et al*, Pickford, citados por Olvera y Olivera, 2000)

1.1.4 Formas de uso para las leguminosas. La forma de usar las leguminosas como elemento mejorador de la alimentación del hato debe corresponder a las necesidades que posean las unidades de producción de acuerdo con la intensidad de la ganadería, de las condiciones generales de los pastizales y del manejo en general. Existen dos modalidades importantes para el uso de las leguminosas, que son las asociaciones con gramíneas y los bancos de proteínas (Sánchez, 2002).

1.1.4.1 Asociaciones con gramíneas. Se puede definir como la interrelación armónica y equilibrada entre dos o más especies, siendo en este caso gramíneas y leguminosas. Estas asociaciones se pueden realizar con leguminosas nativas que se encuentran presentes en el pastizal o con especies introducidas ya probadas. En ocasiones, las especies naturales se ven amenazadas a desaparecer por acción del hombre, quien desconociendo sus bondades realiza prácticas de mantenimiento de potreros como el control químico de malezas perjudicándolas gravemente. Esto desmejora significativamente las condiciones nutricionales del pastizal (Sánchez, 2002).

Esta asociación también se puede realizar con especies de gramíneas introducidas, caso en el cual cobra importancia la agresividad vegetativa tanto de las gramíneas presentes como de la leguminosa a usar. Esto es importante ya que si no existe ese equilibrio la competencia se hace difícil, persistiendo finalmente las especies más agresivas e invasoras. Con estas asociaciones se pretende introducir en el subsistema pastizal un componente mejorador de la dieta animal, sobre todo en las épocas críticas donde decaen drásticamente los niveles proteicos de las gramíneas a causa del estrés hídrico. También es una alternativa para mejorar pasturas pobres desde el punto de vista nutritivo. Las asociaciones se pueden usar en diferentes formas, estando su selección particular sustentada en el tipo de especies a emplear y manejo del pastoreo (Sánchez, 2002).

1.1.4.2 Banco de proteínas. Un banco de proteínas no es más que un área de terreno o potrero destinado al uso exclusivo de una especie vegetal rica en proteínas el cual puede ser usado mediante un pastoreo controlado o cosecharse mediante prácticas de cortes (Gómez *et al*, 1995). Para la implantación de este sistema se requiere de especies de alta producción de materia seca, un buen desenvolvimiento durante la época seca y que garantice una buena calidad tanto química como física en el forraje (Sánchez, 2002).

1.1.5 Características deseables de las leguminosas arbustivas forrajeras. Las estrategias de alimentación y pastoreo con leguminosas tropicales generalmente está basada en que estas especies solo constituyen una parte de la dieta, razón por la cual se manejan con el propósito de aprovechar sus atributos nutricionales para superar o aminorar las limitaciones que presentan las gramíneas u otro componente en la alimentación animal. Como lo menciona Sanchez (2002), para su implementación como componente adicional en los sistemas de producción ganadera deben tenerse en cuenta algunas características deseables como:

- Deben ser especies de fácil implantación y rápido crecimiento para poder competir con las malezas.
- Deben presentar nodulación y fijación del nitrógeno efectivas con presencia natural de *Rhizobium* en el suelo.
- Tener alta productividad con tolerancia a podas, pastoreo o ramoneo repetidos.
- Suministro de forraje para piensos extemporáneos y en tiempo de sequía.
- Necesidad de poco o ningún fertilizante, resistencia a malas condiciones ambientales como frío, suelos ácidos, plagas y enfermedades.
- Producción abundante de semillas o propagación vegetativa segura.

1.2 EL GÉNERO *Mimosa* DENTRO DE LA FAMILIA LEGUMINOSAE

El género *Mimosa* pertenece a la familia Leguminosae que es una de las seis más grandes angiospermas junto con las Compositae, Orchidaceae, Gramineae, Cactaceae y Rubiaceae. Este género está constituido por árboles, arbustos y bejucos; aunque algunos de sus miembros son herbáceos, principalmente los de zonas tropicales y subtropicales. Está representado por unas 500 a 510 especies en el mundo (Grether *et al*, 1988) siendo el 96% nativas de América, especialmente América tropical (Orozco, 2003).

Como ya se anotó; las mimosáceas comprenden plantas arbustivas, a veces arbóreas o herbáceas, por lo general erectas, en ocasiones rastreras, decumbentes o trepadoras; con ramas rollizas, estriadas o acostilladas, generalmente armadas con aguijones infraestipulares o en los entrenudos, dispuestos irregularmente o a lo largo de las costillas, a veces inermes. Según Grether *et al*, (1988), éste género comparte algunas características en común para todas sus especies, características que se resumen a continuación.

1.2.1 Hojas: bipinnadas, generalmente con estípulas espinosas; ejes primarios y secundarios pulvinulados; folíolos sésiles; pinnas sensibles al tacto y doblándose abruptamente, con o sin glándulas en el pecíolo y/o en el raquis.

1.2.2 Inflorescencia: en forma de capítulos globosos a subglobosos, de espigas o rara vez de racimos, laxos o densos, axilares y solitarios o en fascículos o dispuestos en ramas racemiformes o paniculiformes, o bien, en racimos o panículas axilares o terminales.

1.2.3 Flores: sésiles o pediceladas, todas hermafroditas, en ocasiones algunas flores estaminadas similares en forma y tamaño a las primeras, dispuestas en la porción inferior de la inflorescencia, rara vez todas las flores estaminadas; cáliz gamosépalo, con 4 ó 5 lóbulos valvados, campanulado o laciniado, rara vez en forma de vilano, estambres del mismo número (flores haplostémonas) o del doble de los lóbulos de la corola (flores diplostémonas), filamentos libres o rara vez fusionados en la base, exertos, blancos o color de rosa a lila, rara vez formando estaminodios, anteras glandulosas, dorsifijas, introrsas; ovario sésil a estipitado, glabro a pubescente o setoso, estilo filiforme, más largo que los estambres, con el extremo apical generalmente atenuado, en ocasiones cupuliforme u oblicuamente infundibuliforme o tubular.

1.2.4 Fruto: legumbres bivalvadas, generalmente comprimidas, ocasionalmente cilíndricas, torulosas, espiraladas o tetragonales, rara vez aladas, a veces curvadas, membránaceas, cartáceas o leñosas, indehiscentes o dehiscentes a lo largo de uno o ambos márgenes, en ocasiones las valvas se separan del margen persistente (repl) y se dividen en segmentos transversales (artejos), cada uno con una semilla; semillas comprimidas, a veces aladas (Cyclicodiscus, Lemurodendron, Fillaeopsis, Indopiptadenia, Newtonia, Parapiptadenia, Piptadeniastrum, Pseudopiptadenia), sin arilo, en ocasiones cubiertas por una pulpa delgada, funículos delgados, con o sin endospermo.

1.3 PRÁCTICAS IMPORTANTES PARA EL MANEJO DE SEMILLAS

En la producción de semillas debe considerarse la calidad de las semillas debido a la presencia de problemas de germinación en el caso de las leguminosas. Lo anterior dado principalmente al alto porcentaje de semillas duras; el cual varía entre especies y aún entre muestras y depende principalmente de factores genéticos, climáticos o de manejo (Sánchez y Cardozo, 2001). Por lo anterior, es necesario realizar un análisis general de la semilla con el objetivo de medir su condición física, fisiológica y fitosanitaria mediante pruebas de laboratorio y así garantizar un excelente porcentaje de germinación (Sánchez y Cardozo, 2001). Algunas de las pruebas mínimas que se le deben realizar son las siguientes:

1.3.1 Calidad física de la semilla. Se realiza mediante análisis de impureza presentes o contaminación con otros materiales no deseables (Sánchez y Cardozo, 2001).

1.3.2 Condición o calidad fisiológica. Existen varias pruebas tales como la prueba de germinación, viabilidad y la prueba de emergencia. Estas presentan un estimativo sobre el potencial o capacidad de un lote de semillas para desarrollar plántulas de buena calidad (Sánchez y Cardozo, 2001).

1.3.3 Pureza física. Es la composición en peso de la muestra que se analiza identificando las distintas especies de semillas y de partículas de materia inerte constituyentes de la misma (Sánchez y Cardozo, 2001).

1.3.4 Semilla pura germinable (SPG). Según Sánchez y Cardozo (2001), es equivalente al valor cultural o valor agronómico. Las unidades de SPG son un porcentaje compuesto, por lo que su utilidad es la comparación del valor cultural de diferentes lotes de semilla de una especie. Su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$SPG = \frac{\text{pureza} \times \text{germinación}}{100}$$

1.3.5 Prueba de tetrazolio. Su objetivo es determinar la viabilidad de las semillas. La prueba se basa en la coloración producida al recibir un compuesto incoloro, cloruro de 2,3,5, trifenil tetrazolio mediante procesos que ocurren en

células vivas y que forman una sustancia roja tiñendo el embrión de la semilla viable (Sánchez y Cardozo, 2001).

Es necesario además tener en cuenta los métodos de cosecha utilizados en el campo de multiplicación. Con especies forrajeras existen múltiples métodos de cosecha según la especie, el área de cultivo y el valor de la semilla. Con especies como las leguminosas los métodos más relevantes son el manual y parcialmente mecanizados (Sánchez y Cardozo, 2001). Adicional a esto, la reducción del contenido de agua de las semillas a través de adecuados métodos de secado facilita su acondicionamiento y/o almacenamiento. Este puede realizarse a través de mecanismos naturales extendiendo las semillas húmedas en un patio y exponiéndolas a los rayos solares, o artificialmente aplicando aire caliente o seco a las semillas húmedas (Sánchez y Cardozo, 2001).

1.4 ESCARIFICACIÓN DE SEMILLAS

La mayoría de las especies de leguminosas tropicales desarrollan una corteza dura en la semilla que reduce sustancialmente la germinación rápida y uniforme si no se hace tratamiento para disminuir el efecto de la dureza (Purcell, 1975). Este mismo autor menciona que la mayoría de las especies de leguminosas contienen cerca del 80% de semilla dura y relaciona tres métodos principales de tratamiento para reducir la dureza: tratamientos basados en métodos mecánicos, en métodos químicos, o en calor y remojo. Puesto que no siempre es posible conocer la procedencia de la semilla ni el método de cosecha, como regla general se recomienda evaluar la germinación de la semilla. En el evento de que el resultado obtenido no sea superior al 40% es obvio que la semilla se beneficiará mucho con el tratamiento para reducir la dureza (Burbano, 1990). Existen diferentes métodos ya sea mediante escarificación mecánica o química, o simplemente agua caliente (Aragao y Costa, 1983).

1.4.1 Escarificación mecánica. La escarificación mecánica aumenta la capacidad de absorción de agua al dañar la corteza de la semilla para permitir la entrada de humedad una vez que se haya sembrado. Cuando las cantidades de semillas son pocas se puede raspar la semilla entre dos superficies a las cuales se les ha pegado papel de lija. La operación debe continuarse hasta que una pequeñísima cantidad de las sernillas se rompan o astillen. En el caso de semillas de tamaño grande, se puede partir o mellar una pequeña parte de la cubierta con un par de tijeras (Burbano, 1990).

1.4.2 Escarificación química. La escarificación química comprende el uso de ácido sulfúrico concentrado; también se puede usar ácido sulfúrico negro comercial sin diluir. La semilla se mezcla con esta sustancia en un recipiente

rodeado exteriormente con agua dado la liberación de calor durante el proceso y se agita continuamente durante el tiempo requerido (10 a 20 minutos según la especie).

Aunque se pueden utilizar otros metales, se recomienda usar un recipiente de cobre para el tratamiento con ácido ya que este es un buen conductor de calor y lo difunde rápidamente hacia el exterior. Después del tratamiento se debe lavar bien con agua todo residuo de ácido en las semillas con el objeto de evitar pérdida del *Rhizobium* inoculado posteriormente (Burbano, 1990).

1.4.3 Escarificación por remojo. Un método simple utilizado para reducir la dureza de la corteza de las semillas de la mayoría de las especies de leguminosas consiste en embeber la semilla en agua durante 24 horas, secarla luego rápidamente y proceder a la siembra inmediatamente. Sin embargo, una deficiencia de este sistema es la urgencia en sembrar tan pronto se hace el tratamiento (Burbano, 1990).

En general, las semillas de leguminosas tropicales que han recibido tratamiento para reducir el factor dureza y que han permanecido en reposo durante un mínimo de 3 meses después de cosechadas, deberán exhibir entre el 50 y 80% de germinación, con excepción de las especies de *Stylosanthes*, las cuales presentan un 40% en promedio en las condiciones mencionadas (Burbano, 1990).

1.5 LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS.

Se llama germinación al proceso por el que se reanuda el crecimiento embrionario después de la fase de descanso. Este fenómeno no se desencadena hasta que la semilla no ha sido transportada hasta un medio favorable por alguno de los agentes de dispersión. Durante la germinación, el agua se difunde a través de las envolturas de la semilla y llega hasta el embrión que durante la fase de descanso se ha secado casi por completo. El agua hace que la semilla se hinche, a veces hasta el extremo de rasgar la envoltura externa. El oxígeno absorbido proporciona a la semilla la energía necesaria para iniciar el crecimiento. Diversas enzimas descomponen los nutrientes almacenados en el endospermo o en los cotiledones en sustancias más sencillas que son transportadas por el interior del embrión hacia los centros de crecimiento.

La radícula es el primer elemento embrionario en brotar a través de la envoltura de la semilla. Forma pelos radicales que absorben agua y sujetan el embrión al suelo. A continuación empieza a alargarse el hipocótilo que empuja la plúmula y en muchos casos el cotiledón o los cotiledones hacia la superficie del suelo. Los

cotiledones que salen a la luz forman clorofila y llevan a cabo la fotosíntesis hasta que se desarrollan las hojas verdaderas a partir de la plúmula.

En algunas especies, sobre todo de gramíneas, los cotiledones no alcanzan nunca la superficie del suelo, y la fotosíntesis no comienza hasta que no se desarrollan las hojas verdaderas; mientras tanto, la planta subsiste a costa de las reservas nutritivas almacenadas en la semilla.

Desde que comienza la germinación hasta que la planta logra la completa independencia de los nutrientes almacenados en la semilla, la planta recibe el nombre de plántula. Este proceso biológico está afectado por factores externos relacionados con las condiciones ambientales y factores internos asociados a la fisiología propia de la semilla que permite su paso a la etapa de letargo o latencia o se produzca daño mecánico en las estructuras internas o las características genéticas que hacen que conserve o pierda su viabilidad. (Sarria, 2002). Dentro de los factores externos se encuentran la temperatura, humedad, oxígeno y luminosidad como elementos determinantes en el desarrollo de los mecanismos fisiológicos en el proceso de la germinación.

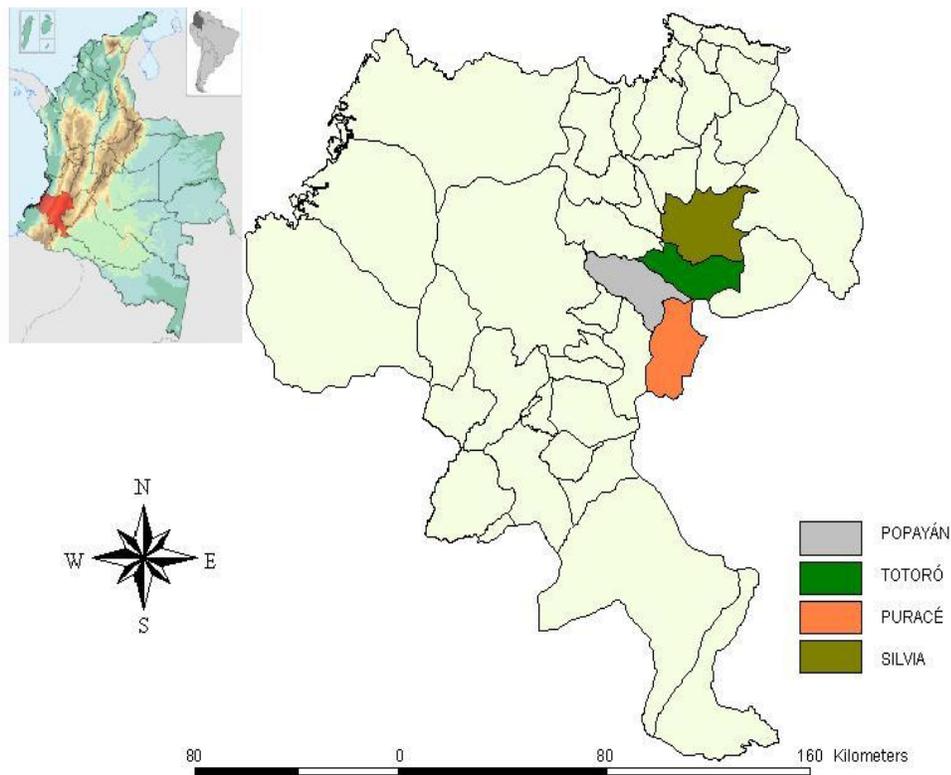
2. MÉTODOS

En esta sección se describen las diferentes etapas que se ejecutaron para el desarrollo del presente trabajo de investigación: como la localización, las actividades realizadas y los procedimientos.

2.1 LOCALIZACIÓN

La zona de estudio está localizada en los Municipios de Popayán, Silvia, Totoró y Puracé del departamento del Cauca (Figura 1). Se optó por seleccionar fincas ubicadas en diferentes municipios para identificar el comportamiento que tiene *Mimosa quitensis* en diferentes condiciones agroecológicas y de esta manera poder obtener información representativa con la ayuda de productores y/o ganaderos de las zonas.

Figura 1. Localización de la zona de estudio



Fuente. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005.

De las cuatro localidades en mención, los municipios de Silvia, Totoró y Puracé se caracterizan por su ubicación en el piso térmico frío. Así, el Municipio, de Silvia se ubica sobre los 2750 msnm, Totoró sobre los 2600 msnm y Puracé sobre los 2400. Gamarra (2007) basado en estudios del IGAC manifiesta que esta zona se caracteriza por presentar suelos con grados de fertilidad baja a muy baja. Por otro lado, el Municipio de Popayán se halla en la región denominada peniplano de Popayán ubicada en la parte central del Departamento del Cauca (ICA, citado por Polanía y Rendón, 2009). Es un valle interandino localizado a una altura que oscila entre los 1600 y 1900 metros de altura sobre el nivel del mar, correspondiente a la zona de vida de Bosque muy húmedo Montano Bajo (Bmh-MB) (Holdridge, 1978). Presenta un relieve ondulado donde alternan pendientes menores del 10% con otras superiores al 30%, siempre en longitudes cortas; esta configuración se altera bruscamente hacia las hoyas de los ríos que la bañan los cuales van encañonados presentando fuertes pendientes a lo largo de los cauces (ICA, 1994). De igual manera, la mayor extensión de su suelo corresponde a los pisos térmicos templado y frío.

En general, los suelos de la región son de origen volcánico con un material parental constituido principalmente por cenizas volcánicas que descansan sobre rocas ígneas volcánicas, especialmente andesitas, basaltos y diabasas con perfil franco- arcilloso, de aridez mediano-fuerte, altos contenidos de gas carbónico, azufre, aluminio y otros (Gamarra, 2007).

2.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

Para el desarrollo de la investigación fue necesaria en primera instancia la recopilación de información referente a la especie. Posteriormente se realizó una fase de investigación en campo mediante actividades de observación y diálogo con productores para identificar aspectos productivos y agronómicos. En una tercera etapa se evaluó la calidad de semillas a través de pruebas de germinación y finalmente se sistematizó y analizó la información. A continuación, se describe con detalle cada una de las fases desarrolladas durante el estudio.

2.2.1 Recopilación de información: comprendió la compilación de información a partir de los resultados obtenidos a través de encuestas realizadas en los municipios ya mencionados. Al mismo tiempo se geo-referenciaron los sitios con mayor población de *Mimosa quitensis* y aquellos donde se está dando algún tipo de manejo en la alimentación animal (Anexo A).

Por otro lado, con el propósito de conocer la forma en que se propaga y se hace la multiplicación del material de siembra se realizaron entrevistas abiertas informales permitiendo a los productores hablar sobre las actividades que realiza en sus fincas. De igual manera se obtuvo información sobre la distribución de la especie, utilidad que la comunidad le da y los beneficios que esta les brinda. Unido a la recopilación de información se colectó semilla y material vegetal de las diferentes estructuras de la planta con el fin de realizar la descripción morfológica de acuerdo a las características fitográficas descritas por Becerra y Chaparro (1999). Finalmente, con el fin de establecer el origen y la historia natural de la especie se realizaron revisiones bibliográficas en herbarios como el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca y el de la Fundación Universitaria de Popayán y se consultaron algunos herbarios virtuales del país como el Herbario de la Universidad Nacional, Herbario del Amazonas entre otros (Missouri Botanical Garden, New York Botanical Garden y Neotropical herbarium specimens).

2.2.2 Evaluación de aspectos productivos de la especie: en esta fase se evaluó la producción y calidad de forraje teniendo en cuenta las siguientes variables: capacidad, diámetro, vigor y altura de rebrotes. En seguida se describe cada uno de los parámetros mencionados.

– **Capacidad de rebrote:** entendiéndola esta como la capacidad que tiene una especie para recuperar su estado natural de follaje después de su pérdida por corte o consumo por animales, se evaluó el comportamiento de la especie en estudio realizando cortes de estandarización en 15 plantas a las cuales se les practicó un corte por soca a una altura de 50 cm (Figura 2), además de tener en cuenta el comportamiento observado en otro tipo de leguminosas arbustiva (Vivas, 2005).

Figura2. Socas de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Presente estudio, 2010.

Luego de 8 semanas de recuperación de la planta se contó el número de rebrotes de cada una y se determinó la cantidad de forraje verde producido en kg/planta. Similarmente, se tomaron muestras vegetales para el análisis bromatológico de la especie.

- **Diámetro de rebrotes:** Comprendió la medición con cinta métrica del diámetro alcanzado por el total de rebrotes al finalizar la semana 8 después del corte (Figura 3)

Figura 3. Evaluación del diámetro de rebrotes en plantas de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Presente estudio, 2010.

- **Vigor:** su valoración se realizó teniendo en cuenta el estado de la planta, color, crecimiento y sanidad en una escala de 1 a 5, siendo 1 el peor y 5 el mejor (Vivas, 2005).
- **Evaluación de altura de rebrotes:** se tomó la medida con cinta métrica de la distancia entre el suelo y la altura alcanzada por los rebrotes en cada una de las plantas evaluadas.

2.2.3 Aspectos nutricionales de la especie. Se realizó un análisis bromatológico del forraje producido por la especie después de 8 semanas del corte. Para ello se tomó una muestra la cual fue enviada al laboratorio de forrajes del CIAT, lugar en el cual se determinó el contenido de proteína cruda (PC), digestibilidad in vitro de

materia seca (DIVMS), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), fenoles totales y taninos totales a través de la metodología descrita en Harinder (2003).

2.2.4 Características biométricas de la especie: considerando algunos aspectos metodológicos de Paz (1993), se identificaron características apropiadas para el uso de esta especie en sistemas silvopastoriles como:

- **Tamaño y forma del tallo:** para esta variable se realizó una inspección visual y basados en la revisión bibliográfica se realizó la clasificación fitográfica de acuerdo a las características de los órganos de la planta
- **Área de sombrío:** comprendió la medida del diámetro de la sombra proyectada en el suelo por la copa del árbol. Esta actividad se realizó a medio día puesto que durante esta hora los rayos solares caen perpendicularmente.
- **Especies asociadas a su área de sombra:** se realizó un muestreo de las plantas asociadas a la especie estudiada. Estas fueron colectadas con el fin de realizar la posterior clasificación taxonómica siguiendo las recomendaciones del protocolo establecido en el herbario de la Universidad del Cauca para la colección de muestras vegetales en campo (Anexo B).

2.2.5 Calidad y viabilidad de semillas: en esta fase se determinó la viabilidad y la calidad de la semilla a través de pruebas de viabilidad, germinación y emergencia. A continuación se describen cada una de las pruebas realizadas tomando como referente la metodología propuesta por Burbano, (1990).

2.2.5.1 Prueba de viabilidad: se aplicó la prueba de tetrazolio a un total de 20 semillas colectadas en los cuatro municipios. Las actividades realizadas en esta prueba se resumen en los siguientes pasos.

- **Hidratación.** Las semillas fueron hidratadas durante 48 horas para iniciar la actividad de las enzimas deshidrogenasas; al igual que ablandar los tejidos, facilitando el corte.
- **Corte.** Se realizó un corte longitudinal quedando así separados cada uno de los cotiledones dejando expuesto el embrión para permitir el contacto con el tetrazolio.

- Tinción. Cada grupo de semillas fue puesto en cajas de petri. Posteriormente se le adiciono el compuesto cloruro de tetrazolio al 1%, dejando actuar la mezcla durante 2 horas en ausencia de luz. Durante este tiempo los tejidos viables se tiñen de una coloración purpura.
- Evaluación. A través del conteo de las semillas teñidas se determinó el porcentaje de viabilidad de las semillas colectadas para cada una de las localidades.

2.2.5.2 Germinación se semillas de *Mimosa quitensis*: se observó un total 400 semillas colectadas bajo cuatro técnicas diferentes de escarificación²; cada una de estas con un total de 100 semillas. Esta estimación se hizo durante 21 días en condiciones de baja luminosidad (Figura 4) ubicando las semillas sobre algodón húmedo en bandejas de icopor para asegurar la humedad suficiente en el proceso germinativo.

Figura 4. Germinación en semillas de *Mimosa quitensis* bajo deferentes métodos de escarificación.



Fuente. El presente trabajo 2010.

² **Escarificación con lija y agua climatizada.** Las semillas fueron lijadas (Lija No 80) y posteriormente sumergidas en agua a temperatura ambiente durante 12 horas.

Escarificación con ácido sulfúrico. Las semillas fueron sometidas al contacto con ácido sulfúrico (H₂SO₄), al 40% de concentración durante un tiempo de 5 minutos. Posteriormente fueron lavadas con cal para disminuir el grado de acidez.

Escarificación con agua caliente. Consistió en sumergir las semillas en agua caliente a 80 °C durante dos minutos.

Tratamiento testigo. En este grupo las semillas se colocaron a germinar sin ningún tipo de tratamiento.

2.2.5.3 Porcentaje de emergencia: comprendió la valoración de un total de 384 semillas bajo un diseño experimental irrestrictamente al azar compuesto por cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Cuadro 1), cada una de estas con un total de 25 semillas.

Cuadro 1. Distribución de tratamientos

	Repeticiones			
	T ₄ R ₁	T ₂ R ₁	T ₁ R ₁	T ₃ R ₁
T ₁ R ₂	T ₄ R ₂	T ₃ R ₂	T ₂ R ₂	
T ₃ R ₃	T ₁ R ₃	T ₂ R ₃	T ₄ R ₃	
T ₂ R ₄	T ₃ R ₄	T ₄ R ₄	T ₁ R ₄	

Tratamientos: T₁- Lija y remojo en agua climatizada; T₂ - ácido sulfúrico al 40% durante 5 minutos; T₃- agua caliente a 80°C por 2 minutos; T₄ testigo sin ningún tratamiento

Fuente. El presente trabajo, 2010.

Estas semillas fueron colocadas al azar de acuerdo al diseño propuesto en bandejas plásticas con un sustrato compuesto por arena y cascarilla de arroz en una proporción de 2:1

Figura 5. Evaluación del porcentaje de emergencia bajo cuatro métodos de escarificación



Fuente. El presente trabajo, 2010.

2.2.6. Análisis y sistematización de la información. Se realizó el análisis estadístico a través de descriptores como media aritmética, varianza y coeficiente de variación de cada una de los diferentes indicadores evaluados y análisis de varianza con prueba de Duncan en la evaluación de emergencia (Anexo C) bajo los cuatro métodos de escarificación para identificar el mejor tratamiento.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la etapa de evaluación teniendo en cuenta la recopilación de la información histórica la especie, como también la identificación de los usos actuales presentes en la zona de estudio.

3.1 ASPECTOS GENERALES DE LA ESPECIE.

3.1.1 Clasificación taxonómica. De acuerdo con Prieto (2006), el guarango presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino:	Plantae
Phylum:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Mimosa</i>
Epíteto Específico:	<i>Quitensis</i>
Autor Epíteto Específico:	Benth

3.1.2 Origen. *Mimosa quitensis* conocido comúnmente como guarango, es una de las leguminosas que menos información tiene actualmente. Es una especie originaria del sur de Colombia y norte de Ecuador distribuida principalmente en América del sur, (Kjell y Sneidern, 1944). En Colombia esta especie ha sido registrada desde los 1700 m.s.n.m. en el departamento del Cauca (Kjell y Sneidern, 1944), hasta los 2700 m.s.n.m en el Valle del Cauca (López, 1986). En Ecuador se reporta su crecimiento desde los 1800 m.s.n.m. (Gentry, 1974), hasta los 3400 m.s.n.m. (Jaramillo, 1974). Todos los anteriores autores citados en la base de datos del Missouri Botanical Garden (2010).

Con base en la revisión bibliográfica, en el Departamento del Cauca esta especie ha sido colectada en varias localidades de los Municipios de Popayán, Timbio, Silvia, Sotará, Totoró, Piendamó, Coconuco y Puracé. Su uso común son las cercas vivas, en sistemas silvopastoriles, como barreras rompe vientos, leña, bebidas medicinales entre otros.

Figura 6. Distribución geográfica del origen de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia.

3.1.3 Descripción botánica. EL Guarango (*Mimosa quitensis*) es una leguminosa dicotiledónea multipropósito del tipo anabionte³ de características arbustivas y semiarbustivas, erecta, perenne, puede tornarse árbol de porte bajo cuando se somete a podas periódicas o se encuentra en asocio a otras especies que por competencia estimulan su precocidad (Sheldrake, citado por Becerra y Chaparro, 1999). Es de copa redondeada, irregular, ligeramente abierta y rala. Se encuentra naturalizado a orilla de carreteras, potreros abandonados y en bosques secundarios en etapas tempranas, florece por temporadas por lo general dos veces por año. Este es considerado como una mala planta entre la mayoría de los campesinos debido a su rápida capacidad de colonización y su tendencia a formar matorrales densos en sitios donde no se realiza ningún tipo de control

– **Raíz:** la raíz se desarrolla a partir de una radícula del embrión con su posterior alargamiento en el estadio de plántula, formando un casquete fuerte llamado caliptra o cofia capaz de penetrar suelos duros, esta es fibrosa “axonomorfa” presenta una raíz principal o eje ortótropo bien definido largo y profundo del que se desarrollan las raíces plagiotropas, laterales o secundarias (Khan citado por Becerra y Chaparro, 1999) que son de origen endógeno

³Plantas que repiten su fructificación muchas veces durante su ciclo de vida.

“allorricia”, típico de plantas que se reproducen por vía sexual y cumple funciones de absorción y fijación (Geobel citado por Becerra y Chaparro, 1999), sugiriendo que la especie no presenta competencia por nutrientes a nivel superficial ya que es capaz de penetrar en las capas profundas del suelo y aprovechar el agua y los minerales que las gramíneas no pueden alcanzar (Sierra, 2002).

Figura7. Raíz de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Presente estudio, 2010.

- **Tallo:** es de consistencia leñosa, de color gris negruzco, usualmente torcido y ramificado desde la base del suelo hasta los 3 o 4 m, presentando hasta diez (10) ramificaciones torcidas que se bifurcan a diferentes alturas.

Figura 8. Tallo de *Mimosa quitensis*.



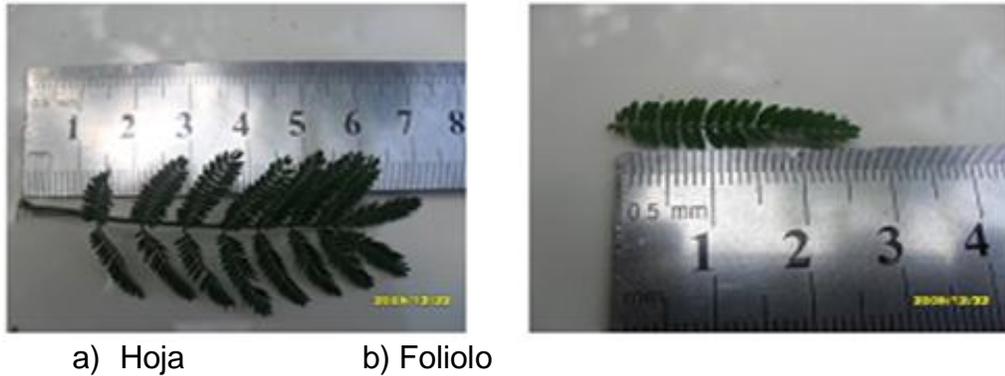
Fuente. Presente estudio, 2010.

Este se origina de la plúmula del embrión que por división de las células hace posible el crecimiento del eje principal de la plántula generando un tallo monipodio en el que se encuentran las yemas de las cuales salen las ramas laterales de menor proporción que su eje central (Beccerra y Chaparro, 1999). Posee formaciones puntiagudas endurecidas de origen superficial de color crema-amarillento y externas de color verde. Su tallo es fibroso, amargo al gusto humano, con un diámetro a la altura del pecho de 3 a 4 cm. El crecimiento secundario o engrosamiento del tallo y raíces de árboles, hierbas leñosas y arbustos como el guarango *Mimosa quitensis* es debido a la actividad generada por la división de las células del cambium vascular que se divide paralelo a la superficie del tallo, esta manera de dividirse ocasiona que las células de los tejidos conductores secundarios formen filas radiales que se ven alteradas en el xilema secundario por aparición de vasos de lumen de diámetro amplio. (Sierra, 2002).

– **Ramificación:** son ramas cilíndricas ascendentes formadas a partir de un complejo de yemas localizado siempre en la axila de una hoja o en la intersección de los cotiledones. Este es el llamado complejo axilar que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio del desarrollo. De este complejo axilar, además de ramas se puede desarrollar otras estructuras como las inflorescencias. El predominio de ramas cilíndricas ascendentes e inflorescencias dependen del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada. Estas tríadas pueden jugar un papel muy importante en la recuperación o rebrote de las leguminosas volubles cuando se someten a corte o pastoreo. Por esto, es importante no cortarlas o pastorearlas a ras del suelo teniendo siempre la precaución de dejar en el remanente hojas con tríadas, para que éstas se constituyan en los puntos de crecimiento del nuevo rebrote (Sierra, 2002). Las ramas cilíndricas ascendentes, desarrollan muchas ramas finas cuando crece aislado.

– **Hojas:** las hojas se ordenan en el tallo de forma alterna entre 16 y 20 foliolos opuestos paripinnados, de 1.5 a 2.5 cm de largo, son pecioladas o sentadas con espinas en el raquis. Son compuestas o recompuestas, bipinadas de 7 a 15 cm de largo, pubescentes y enceradas al tacto (Sheldrake, citado por Becerra y Chaparro, 1999). Los foliolos presentan en el haz un color verde más intenso que en el envés y frecuentemente son glabros (lisos sin pubescencias). Las hojas parecen opuestas durante la germinación pero luego se vuelven alternas (Sierra, 2002).

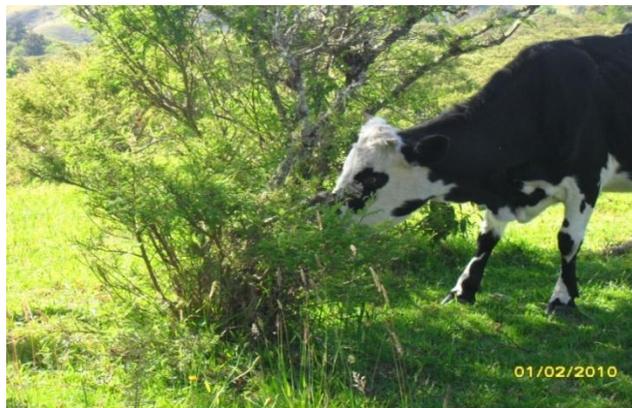
Figura 9. Hoja de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Presente estudio, 2010.

- **Corteza:** externa con espinas de color verdoso, interna de color crema-amarillento, fibrosa, sabor amargo y grosor de 3 a 4 mm.

Figura10. Ramificaciones de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Presente estudio, 2010.

- **Flores:** presenta inflorescencias esféricas de color blanco tipo umbela con 6 estambres y 5 pétalos, tienen de 1.0 a 1,2 cm de radio, según su sexualidad presenta flores hermafroditas con ovario supero, placentación central. Aparecen en ramas terminales o laterales en pedúnculos de 2 a 3 cm de largo. En Mimosoideae los pétalos son todos iguales con numerosos estambres de dos tamaños y libres, el ovario es unicarpelar, con numerosos óvulos anátropos. Son conspicuas normalmente entomófilas y poseen grandes nectarios, el estilo emerge del extremo abierto del tubo estaminífero y se curva hacia arriba en las anteras, el cáliz está compuesto por cinco piezas (sépalos), igual que la corola, que posee

cinco pétalos La inflorescencia puede ser axilar o terminal en forma de capitulo o cabezuela con 70 a 100 flores en racimo (Sierra 2002).

Figura 11. Inflorescencia de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Presente estudio, 2010.

– **Frutos:** el fruto es una legumbre o vaina con 8 a 12 semillas en hileras. Su tamaño varía desde 4 cm hasta un poco más de 6 cm de largo por 1 a 1.5 de ancho de color verde cuando tierna y café cuando madura. En la mayoría de los casos la vaina es de forma oblonga estipitada y comprimida. Sin embargo en algunos casos las legumbres son espermatófitas o dehiscentes que se abren de forma longitudinal y lanzan con violencia las semillas, carece de endospermo o tiene poco. El embrión consta de dos cotiledones ovalados con reserva amilácea y proteica o de aceite como en la soya. La semilla presenta una radícula grande, una plúmula pequeña y están cubiertas por una testa gruesa que puede ser en algunos casos permeable al agua, además posee un hilo conspicuo (Sierra, 2002).

Figura 12. Fructificación de *Mimosa quitensis*



3.2 ASPECTOS PRODUCTIVOS DE LA ESPECIE.

Como ya se mencionó en la metodología, para la evaluación de las variables productivas se tomo un total de quince (15) árboles a los cuales se les practico una soca para observar la respuesta de esta especie frente a prácticas de poda. Al realizar un análisis de las variables peso del forraje verde producido a las ocho semanas después del corte, número de rebrotes (retoños), diámetro del total del área cubierta por los rebrotes, altura alcanzada por los rebrotes y vigor, con coeficientes de variación de 0.54, 0.6, 0.42, 0.45 y 0.42 respectivamente, indican que existe un amplio margen de variación dentro de cada uno de los factores evaluados (Cuadro2).

Cuadro2. Descriptores estadísticos para variables productivas.

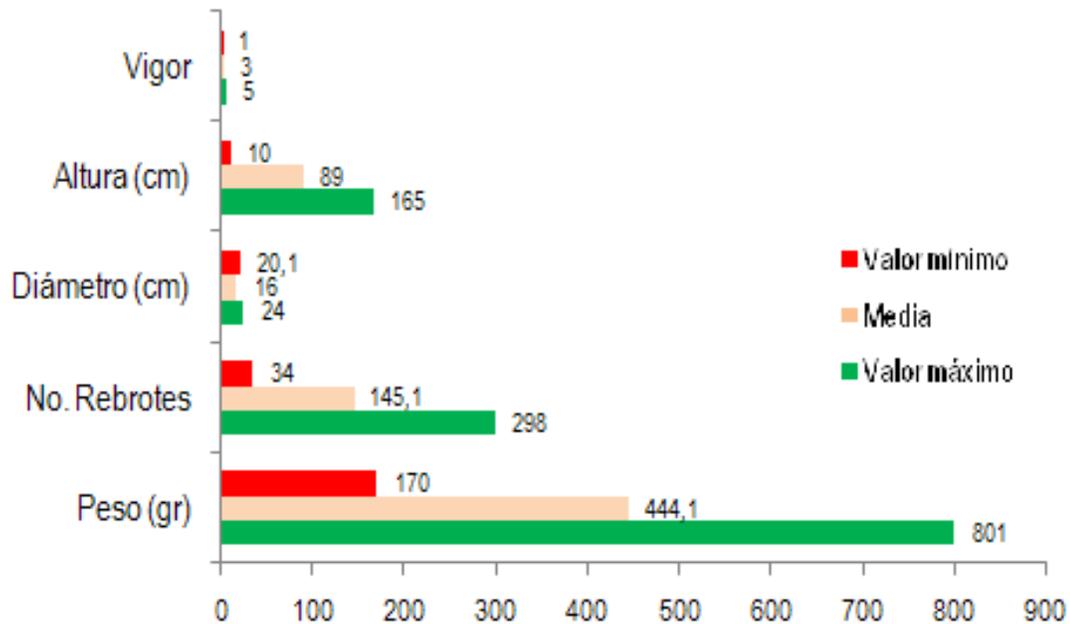
	Peso FV	No	Diámetro	Altura	Vigor
	gr.	Rebrotes	(cm)	(cm)	(1-5)
Media	444,73	145,13	20,1	89,0	3,0
Desviación estándar	242,19	86,38	2,87	40,27	1,25
Coefficiente de variación	0,54	0,60	0,14	0,45	0,42
Valor Máximo	809,0	298,0	24,0	165,0	5,0
Valor Mínimo	170,0	34,0	16,0	10,0	1,0

Fuente. Presente estudio, 2010.

Del total de árboles evaluados se determino un promedio de producción de forraje verde/árbol de 444.7 gr después de 8 semanas de realizada la soca, con un valor máximo de 809 gr/planta y un valor mínimo de 170 gr/planta (Figura 13). Lo anterior está directamente relacionado con el número de rebrotes siendo su promedio de 145.3 rebrotes/planta con un valor máximo de 298 rebrotes /planta y un valor mínimo de 34 rebrotes/planta.

Si bien se observó que esta especie responde adecuadamente a los cortes, la producción de forraje en términos de cantidad de materia verde es bajo comparado con las producciones alcanzadas en otras especies bajo corte para suplementación animal como *Gliricidia sepium* (14.2 T/ha/corte), *Trichantera gigantea* (12.57 T/ha/corte), *Leucaena leucocephala* (14 T/ha/corte) entre otros (Álvarez, 2002; Gómez et al, 1997).

Figura 13. Evaluación de variables productivas en *Mimosa quitensis* en la zona de estudio.



Fuente. Presente estudio, 2010.

Estudios realizados en Colombia en materia de manejo de árboles forrajeros deducen que plantas muy tiernas cortadas cerca a la superficie del suelo (25 a 50 cm) dan poco forraje, en este caso los intervalos entre cortes son más pequeños y la población decrece ostensiblemente. En cambio, cuando los árboles son cortados a 0.5 m sobre el suelo y cuando crecen entre 1.25 y 1.5 m la producción de forraje es mayor, el contenido de proteína no sufre alteraciones notables y los contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio son adecuados (Álvarez, 2002). El mismo autor afirma que para las especies antes citadas los mejores resultados se han obtenido al cortar los árboles con una frecuencia de 90 días entre cortes. Con base en lo anterior, se puede afirmar que el intervalo de tiempo para el corte en *Mimosa quitensis* fue relativamente corto y por tanto la producción de forraje verde fue baja en comparación a las especies mencionadas.

Frente a las otras variables evaluadas como diámetro del total de rebotes, altura y vigor, se encontró un promedio de 20.1 cm para el primero con un valor máximo de 24 cm y un mínimo de 16 cm; 89 cm para altura con extremos de 165 cm y 10 cm y una media de 3 para la última variable con extremos de 5 y 1.

3.3 CALIDAD NUTRICIONAL DEL FORRAJE DE *Mimosa quitensis*

La composición química y calidad nutricional de un forraje es muy variable y está afectada por factores de tipo ambiental, biótico y de manejo. El valor nutritivo de los alimentos no se puede evaluar por un solo principio nutritivo (Raymond, citado por Álvarez, 2002) sino como el suministro total de nutrientes que está afectado por tres factores: consumo voluntario de materia seca del forraje, digestibilidad de la materia seca del forraje y eficiencia con la cual el alimento consumido y digerido es transformado en productos útiles (Álvarez, 2002). Con base en lo anterior, a continuación en el Cuadro 3, se muestran los resultados encontrados a través del análisis bromatológico del follaje con ocho semanas de crecimiento después de la poda de árboles.

Cuadro3. Análisis Bromatológico del follaje de *Mimosa quitensis*.

Análisis	Porcentaje (%)
PC	20.23
DIVMS	65,65
FDN	58,70
FDA	25,15
Fenoles Totales	25,15
Taninos ⁴ Totales	33,06

PC: Proteína cruda.

DIVMS: Digestibilidad in vitro de materia seca.

FDA: Fibra detergente acida.

FDN: Fibra detergente neutra.

Fuente. Laboratorio de forrajes CIAT, 2010.

Como lo muestran los resultados, se puede asegurar que el contenido de proteína cruda (PC) del follaje de *Mimosa quitensis* está muy cercano a los contenidos proteicos de otras especies forrajeras encontradas en la meseta de Popayán como, *Cajanus cajan* (20 a 23% PC), *Erythrina edulis* (24% PC), *Leucaena leucocephala* (12 a 25% PC), *Gliricidia sepium* (20 a 30% PC), *Alocasia macrorrhiza* (22.4 % PC), e incluso superior a los contenidos proteicos encontrados en follajes de especies como *Trichantera gigantea* (18% PC), *Acacia decurrens* (18% PC) , *Malvaviscus arboreus* (19% PC), *Tithonia diversifolia* (18% PC) entre otras.

⁴Los taninos son compuestos polifenólicos de las plantas, su característica principal es la de bloquear y precipitar las proteínas influyendo así sobre el valor nutricional de muchos alimentos consumidos por humanos o animales. Las plantas desarrollan este tipo de compuestos como mecanismos de defensa contra predadores y patógenos. (Latorre, Calderon, 1998)

Sin embargo, a pesar de que en el análisis bromatológico se encontró un contenido de proteína cruda significativo, algunos autores como Cárdenas (2008) reportan contenidos de PC mayores al 25% en el follaje de esta especie.

Si bien los contenidos de proteína cruda encontrados son significativos, debe tenerse en cuenta que se hallaron altos contenidos de FDN (58.78%) y taninos totales (36.06%), factores que limitan el consumo de materia seca y la digestibilidad de la proteína (Kumar y D Mello, 1995 citados por Flores *et al*, 1999). Estos últimos inhiben la acción de enzimas y la actividad de los microorganismos en el rumen limitando la degradación de nutrientes reduciendo la producción de ácidos grasos como productos finales de la degradación (Ramana *et al*, Salem *et al*, citados por Pinto *et al.*, 2009).

Dale citado por Latorre y Calderón, 1998, manifiesta que las enzimas digestivas como la amilasa, lipasa, tripsina son fuertemente inhibidas por los taninos condensados afectando de esta forma la digestibilidad de proteínas, grasas y almidones. Estos compuestos presentes en las especies arbóreas pueden ejercer efectos detrimentales sobre la digestibilidad, el consumo y por tanto sobre el comportamiento animal (Tolera *et al* citados por Pinto *et al*, 2009). Sin embargo, niveles adecuados de taninos en la dieta protegen parte del nitrógeno de la degradación ruminal y favorecen la utilización más eficiente en el tracto posterior (Pinto *et al*, 2009). Por otra parte, la presencia de estos compuestos puede modificar las rutas de excreción del nitrógeno, disminuyendo la cantidad eliminada a través de la orina e incrementándose la cantidad excretada en las heces (Fassler y Lascano citados por Pinto *et al*, 2009), lo que puede conducir a efectos positivos sobre la fertilidad de los suelos.

De igual manera, varios estudios muestran que los taninos condensados de diferentes leguminosas tienen diferentes efectos en la fermentación ruminal y su composición varía de acuerdo a factores como la edad de la planta, variabilidad genética, zona de crecimiento etc. (Tiemann, citado por Hess *et al*, 2006), lo cual hace necesario realizar pruebas de digestibilidad *in vivo* y con materiales de diferentes edades y zonas para saber el verdadero efecto negativo en la alimentación bovina de los niveles encontrados. Por otra parte, si se hace un análisis desde los efectos que estos producen a nivel ambiental, varios estudios muestran que con la adición de proporciones mayores al 15% de leguminosas con altos contenidos de taninos se pueden esperar reducciones en las emisiones de gas metano hasta del 20% comparado con dietas basadas en solo gramíneas o suplementadas con leguminosas de alta calidad y sin taninos (Hess *et al*, 2006)

Por otra parte, con relación al contenido de Fibra Detergente Neutra FDN hallada en la especie, puede decirse que en cierto grado su alto nivel puede llegar a afectar el consumo de materia seca. Estudios realizados por Beauchemin citado por Rosario (2005) demuestran que vacas holstein alimentadas con dietas con contenidos de FDN del 31, 34 y 37% no afectaron el consumo de MS (22.3 kg/d), pero la producción de leche diaria (26.9 vs. 24.8 kg/d) tendió a disminuir ($P = .09$) a medida que la concentración de FDN en la dieta aumentaba de 31 a 37%.

Por todo lo anterior, a pesar de que *Mimosa quitensis* se constituye en una de las especies con potencial forrajero en ecosistemas de trópico alto del Departamento del Cauca (Arboleda y Tumbé, 2010), su aporte nutricional puede verse afectado en gran medida por los factores anteriormente descritos, sin embargo su potencialidad como especie promisoría para el diseño de sistemas silvopastoriles de clima frío debe ser evaluada también desde otros ámbitos positivos desde el punto de vista ambiental y no solamente desde la perspectiva nutricional. En este sentido, la agroforestería desarrollada con árboles fijadores de nitrógeno como *Mimosa quitensis* (AFN) crea interacciones biológicas, ecológicas y económicas, las cuales pueden contribuir a lograr una producción sostenible (Botero y Russo citados por Álvarez, 2002). El mismo autor basado en estudios realizados por Borel, 1987, 1993; Bronstein, 1983; Montaignini, 1992; Russo y Botero 1996 y Torres, 1983 afirma lo siguiente:

- Los AFN incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces y por medio del aporte de materia orgánica hecho al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada de hojas, flores, frutos y raíces muertas. Además sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie haciéndolos disponibles para la pastura o cultivos agrícolas asociados. En algunos casos puede aumentar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio.
- Los árboles y arbustos pueden mejorar las condiciones físicas de los suelos. Su efecto de descompactación es positivo y relevante en áreas degradadas.
- Los árboles y arbustos crean un microclima favorable para los animales en pastoreo. La intensidad de su sombra depende de la densidad y orientación de los surcos como también del diámetro y estructura de sus copas. La sombra protege a los animales del calor excesivo causado por la radiación solar directa y les permite mantener su temperatura corporal en un rango confortable. El

balance térmico que se logra con una menor temperatura le permite al animal un mayor consumo de alimento.

- Los AFN pueden competir con la pastura y con los cultivos agrícolas por agua, nutrientes, luz y espacio. Los efectos de la competencia pueden ser mayores si los requerimientos de ambos componentes son similares. La caída natural de hojas y las podas ayudan a incrementar la disponibilidad de agua, luz y nutrientes para todos los componentes del sistema. Por lo tanto, la selección apropiada de especies y las podas selectivas contribuyen a reducir la competencia entre los componentes en agrosilvopasturas.
- Se acelera el ciclaje de nutrientes en el suelo hecho a través de los residuos de los cultivos agrícolas, de los forrajes o de las heces y orina depositadas por los animales durante el pastoreo.
- Los animales pueden consumir las legumbres o frutos aprovechando sus nutrimentos, escarifican las semillas que contienen y las dispersan a través de las heces. Esto favorece su germinación y evita el consumo de las plántulas por parte de los animales, hasta tanto las excretas se incorporen al suelo transformadas en materia orgánica.
- Muchas especies de gramíneas crecen mejor bajo la sombra de la copa de los árboles, producen mayor cantidad de forraje y tienen una mayor calidad nutricional. Un efecto negativo de la sombra sobre las gramíneas en silvopasturas es la reducción de su gustocidad. Esto puede obviarse haciendo pastoreo rotacional con una carga animal apropiada, pastoreo de relevos o mediante el pastoreo conjunto de varias especies animales bovinas con búfalos, cabras, ovejas, venados o chigüiros.
- Pueden ser fuente adicional de proteína en épocas críticas del año con el verano.

Adicional a lo anterior, la inclusión de sistemas arbóreos en potreros mejora las condiciones paisajísticas de los predios, se constituye en hábitat de muchas especies de animales aumentando así los índices de diversidad animal, es fuente de leña como material combustible entre otros. Por lo tanto, a pesar de que la especie evaluada tiene factores antinutricionales que pueden afectar la digestibilidad de su forraje, deben tenerse en cuenta los demás factores mencionados permitiendo así el diseño de sistemas ganaderos más eficientes.

3.4 ASPECTOS BIOMÉTRICOS

Como parámetro biométrico se evaluó en un total de 10 árboles adultos el diámetro a la altura del pecho DAP, altura y radio de sombra alcanzado por la copa de los árboles. A continuación en la Cuadro 4, se presentan los valores hallados para las variables mencionadas.

Cuadro 4. Descriptores estadísticos para variables biométricas evaluadas en *Mimosa quitensis*.

	DAP (cm)	Altura (m)	Radio sombra (m)
Media	36,5	5,3	3,1
Desviación estándar	10,58	1,64	1,23
Coefficiente de variación	0,29	0,31	0,4
Valor máximo	55	8	5
Valor mínimo	21	3	2

Fuente. Presente estudio, 2010.

Con base en la descripción de los datos anteriores a través de medidas estadísticas de tendencia central se encontró que los valores del DAP y altura de los árboles con coeficientes de variación de 0.29 y 0.31 respectivamente tienden hacia la homogeneidad de los datos, mientras que para el caso del radio de la sombra alcanzada por la cobertura de la copa un coeficiente de variación de 0.4 indican una tendencia hacia la heterogeneidad de los datos. Es de resaltar que el promedio de altura de la especie evaluada es un importante indicador para el diseño de sistemas agroforestales de múltiples estratos a través de la asociación con otras especies de porte alto. De igual manera el promedio de la sombra de la copa de los árboles de la especie estudiada sumada a la facilidad con que esta deja penetrar la luz puede ser tenida como referente para el diseño de sistemas silvopastoriles con pasturas mejoradas que se adapten a las condiciones de luminosidad bajo la cobertura de guarango.

3.4.1 Especies asociadas a su área de sombra. En la Cuadro 5, se presenta un resumen de las principales especies asociadas en la zona de estudio bajo la cobertura de la copa de *Mimosa quitensis* compuesto por 16 familias y veintiséis especies.

Cuadro 5. Especies asociadas bajo el sombrío de *Mimosa quitensis* en la zona de estudio.

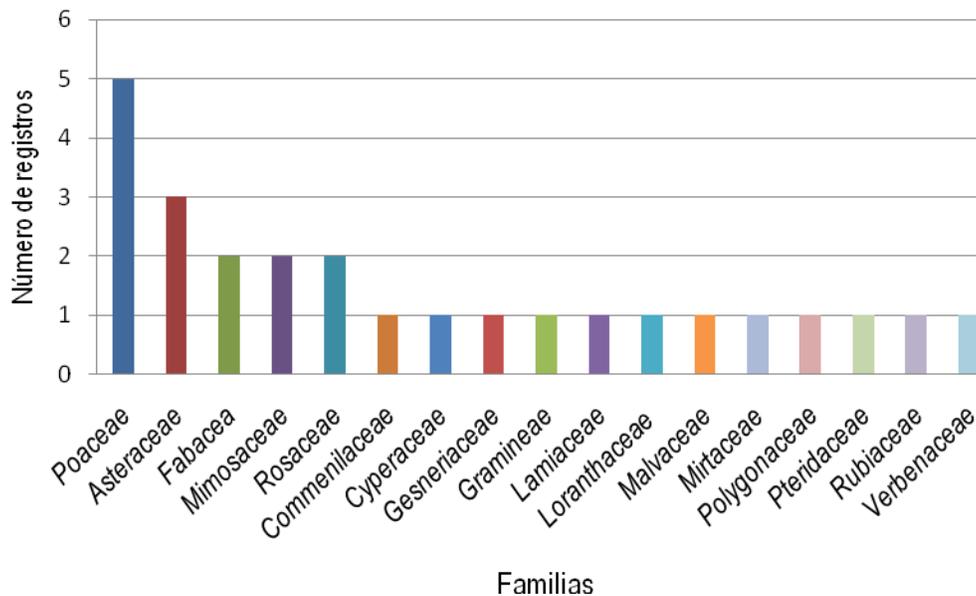
Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Pacunga o cadillo
	<i>Calea glomerata</i>	Carrasposa
	<i>Chromolaena odorata</i>	
Commenilaceae	<i>Trasdescantia multiflora</i>	Suelda con suelda
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i>	Cortadera
Fabacea	<i>Arachis pintoii</i>	Maní forrajero
	<i>Trifolium repens</i>	Trébol
Gesneriaceae	<i>Kohleria digitalliflora</i>	Doncella
Gramineae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.)	Gramma común
Lamiaceae	<i>Hyptis sidifolia</i>	Botoncillo
Loranthaceae	<i>Lorantus leptotachyus</i>	Matapalo
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Escoba negra
Mimosaceae	<i>Mimosa pigra</i>	Zarza, espino
	<i>Mimosa albicans</i>	Zarza
Mirtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba
Poaceae	<i>Andropogon sp.</i>	Pasto rabo de zorro
	<i>Isachne sp.</i>	Gramilla
	<i>Lasiacis cfdivaricata</i>	
	<i>Paspalum sp.</i>	Trencilla o grama
	<i>Melinis minutiflora</i>	Yaragúa
Pteredaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho marranero
	<i>Rubus urticifolius</i>	Mora de monte
Rosaceae	<i>Rubus floribundus</i>	Zarzamora o mora silvestre
	<i>Coccocypselum lanceolatum</i>	
Verbenaceae	<i>Lantana rugulosa</i>	

Fuente. Presente estudio, 2010.

Considerando la clasificación presentada por Reyes y Navia (2010) respecto al tipo de copa de algunas arbóreas y su influencia sobre la penetración de luz al estrato herbáceo, puede considerarse el guarango (*Mimosa quitensis*) como una

especie de copa extendida la cual ofrece una sombra rala que sumado al tamaño y forma de las hojas y foliolos garantiza un mayor paso de luz solar permitiendo así el mayor crecimiento de plantas pertenecientes a la familia Poaceae (Figura 14). Lo anterior demuestra que el grado de luminosidad incidente bajo la copa de los árboles facilita el crecimiento de estas plantas dada la adaptación fisiológica de esta familia a condiciones de alta luminosidad propio de las plantas C4⁵ siendo este un indicador que puede ser aprovechado para el establecimiento de arreglos silvopastoriles en pasturas mejoradas sin incidir en gran medida en la disminución de los volúmenes de producción de forraje verde por unidad de área.

Figura 14. Familias asociadas a zonas con cobertura de *Mimosa quitensis*.



Fuente. Presente estudio, 2010.

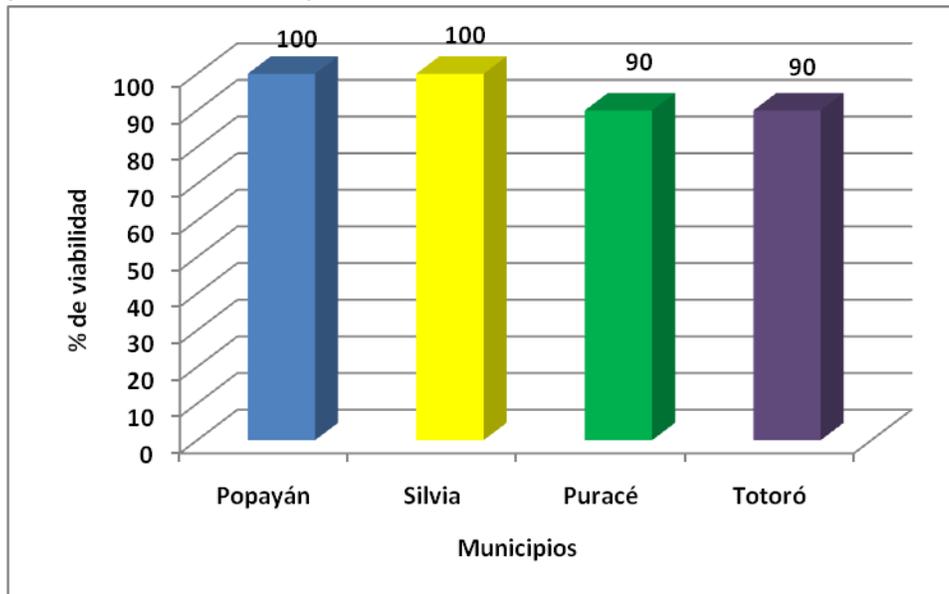
⁵ La vía de 4 carbonos, vía C4 o ruta C4, también denominada vía de Hatch-Slack, es una serie de reacciones bioquímicas de fijación del carbono proveniente del CO₂ atmosférico. El proceso consiste en la captación del dióxido de carbono en las células del mesófilo de la planta pero el CO₂, en vez de utilizarse inmediatamente en el ciclo de Calvin, reacciona con el fosfoenolpiruvato (PEP) gracias a la catálisis de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa. El producto final de la reacción entre el PEP y el CO₂ es el oxalacetato, que posteriormente se convierte en malato. El malato se transporta hacia las células de la vaina, donde es descarboxilado, produciendo el CO₂ necesario para el ciclo de Calvin, además de piruvato. Este último pasa nuevamente al mesófilo donde se transforma por medio de ATP en fosfoenolpiruvato, para quedar nuevamente disponible para el ciclo.

3.5 VIABILIDAD Y CALIDAD DE SEMILLAS

La calidad de la semilla que se va a sembrar es fundamental para conseguir un buen establecimiento de plantas y es el primer paso para lograr un cultivo óptimo. Una buena semilla es físicamente sana, fisiológicamente viable y genéticamente adaptada a las condiciones ambientales de cada localidad. Con base en lo anterior, a continuación se presentan los resultados encontrados en las pruebas de viabilidad, germinación y emergencia como parámetros para la valoración de la calidad en semillas de la especie estudiada.

3.5.1 Prueba de viabilidad en tetrazolio. Como se puede apreciar en la figura 15, a través de esta prueba se encontró que aquellas semillas colectadas en los municipios de Popayán y Silvia tuvieron un porcentaje de viabilidad del 100%, mientras que para los municipios Puracé y Totoró la prueba arrojó como resultado una viabilidad del 90%.

Figura 15. Determinación del porcentaje de viabilidad en semillas de *Mimosa quitensis* mediante la prueba de tetrazolio.



Fuente. Presente estudio, 2010.

Teniendo en cuenta las características topográficas de la zona (en su mayoría pendiente), al igual que condiciones ambientales como temperatura (16° C en promedio), asociado de igual manera a características físicas de la semilla como el tamaño y producción permanente durante todo el año, puede afirmarse que el alto

porcentaje de viabilidad encontrado explica la alta frecuencia de aparición de la especie como lo expresan Arboleda y Tombé (2010). De igual manera deben considerarse otras características como su tamaño que pueden estar asociadas a mecanismos de dispersión como hidrocoria⁶ y endozoocoria⁷ (Arboleda y Tombe, 2010), los cuales pueden llegar a facilitar los mecanismos de dispersión de las semillas.

En la Figura 16 se observa una fotografía tomada a las semillas después de realizada la prueba de tetrazolio mostrando el alto poder germinativo de estas a través de una tinción total de las semillas como consecuencia de la respuesta frente al reactivo.

Figura16. Semillas viables en tetrazolio.



Fuente. Presente estudio, 2010.

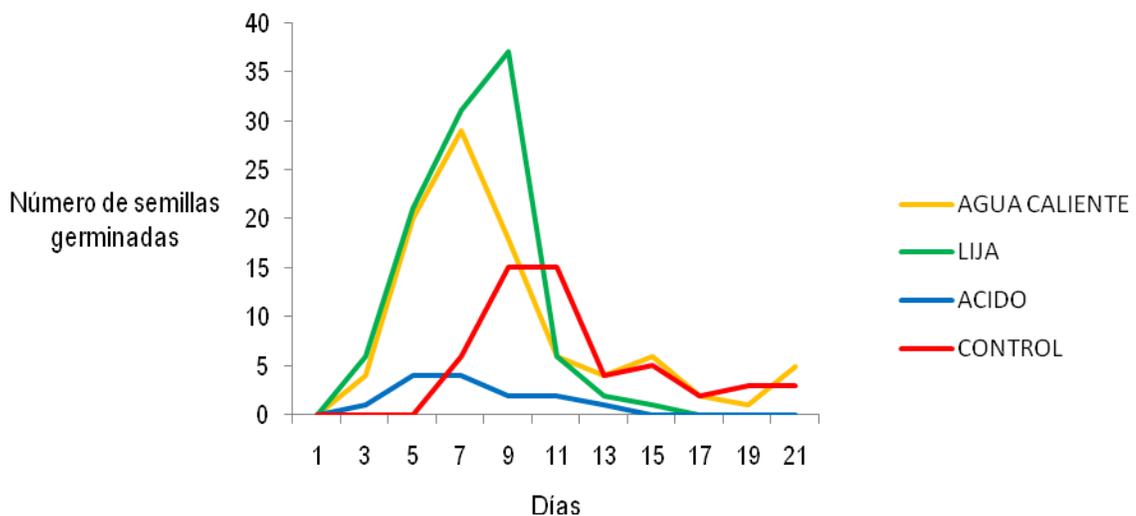
Si bien en los cuatro municipios se encontró un alto porcentaje de viabilidad para las semillas de *Mimosa quitensis*, es necesario resaltar la importancia que tiene una buena selección de las semillas a la hora de establecer semilleros para su propagación.

⁶ La hidrocoria es un mecanismo de dispersión de los propagulos a través del agua, las semillas están adaptadas a este efecto a través de membranas que garantizan la impermeabilidad y cámaras de aire o aceite que permiten la flotación (Gola G., Negri G., Cappeletti C., citados por Arboleda D., y Tombe A., 2010).

⁷ Las semillas son tragadas por determinados animales atraídos a ello por una testa, un fruto de consistencia carnosa o algún otro cebo. Los frutos y semillas preparados para ello son portadores de recompensas con las que a la vez atraen a sus agentes dispersantes (Gola G., Negri G., Cappeletti C., citados por Arboleda D., y Tombe A., 2010).

3.5.2 Germinación en semillas de *Mimosa quitensis*. Como se anotó en la metodología, se observó el comportamiento del proceso germinativo bajo cuatro técnicas diferentes de escarificación (Lija y remojo en agua climatizada, ácido sulfúrico al 40% durante 10 minutos, agua caliente a 80 °C por 2 minutos y testigo sin ningún tratamiento). A continuación se presentan los resultados obtenidos (Figura 17).

Figura 17. Curva de germinación de semillas bajo cuatro métodos de escarificación.

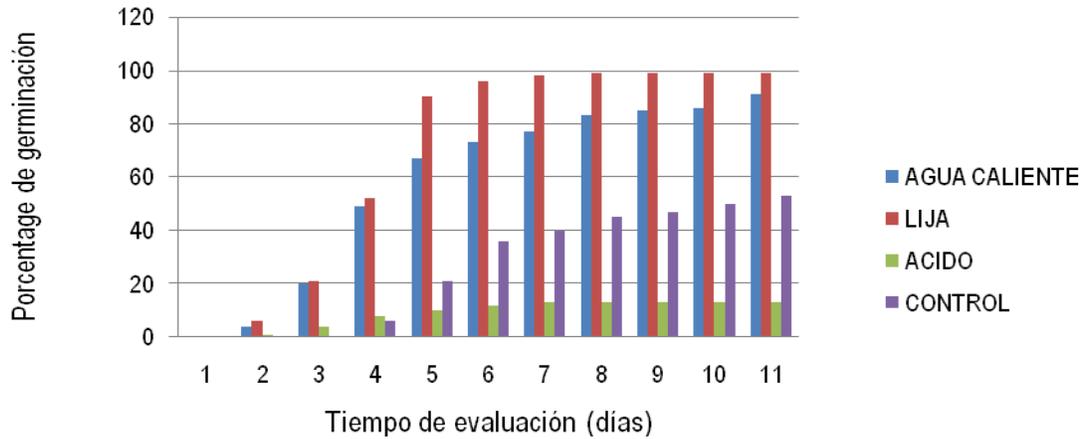


Fuente. Presente estudio, 2010.

Con base en la gráfica anterior, se puede notar que hubo un efecto positivo en la germinación de las semillas cuando estas fueron escarificadas con lija y agua caliente, mientras que para el caso de la escarificación con ácido y el testigo se apreció un menor efecto dado el bajo número de semillas germinadas durante el intervalo de tiempo analizado. Del mismo modo se observa el mayor número de semillas germinadas entre los tres y nueve días después de la escarificación bajo las técnicas de lija y con agua, característica que no se repite en los otros dos casos.

A continuación se muestra la curva de germinación acumulada de la especie estudiada.

Figura 18 Germinación acumulativa de semillas de *Mimosa quitensis* bajo cuatro métodos de escarificación.



Fuente. Presente estudio, 2010.

Al examinar la curva de germinación acumulativa para cada método aplicado se evidencia que la germinación de las semillas escarificadas con lija y con agua caliente se comportaron mejor sobre los demás durante todo el periodo de observación, corroborando lo anteriormente mencionado.

3.5.3 Porcentaje de emergencia de semillas de *Mimosa quitensis*. En el Cuadro 6, se presentan los resultados expresados en porcentaje (%) de emergencia acumulados para cada uno de los métodos de escarificación evaluados durante un periodo de 26 días, obteniendo valores superiores al 87% para los tratamientos T1 (Lija y remojo en agua climatizada) y T3 (Agua caliente a 80° C durante dos minutos).

Cuadro 6. Resultados de la prueba de emergencia bajo cuatro métodos diferentes de escarificación.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES					
	R1	R2	R3	R4	Total	Media
T1	100,00	87,50	87,50	100,00	375,00	93,75
T2	8,33	8,33	12,50	4,17	33,33	8,33
T3	75,00	100,00	75,00	100,00	350,00	87,50
T4	4,17	12,50	12,50	8,33	37,50	9,38
					795,83	198,96

Fuente. Presente estudio, 2010.

Al realizar un análisis de varianza (Cuadro 7) y evaluación de promedios a través de la prueba de rango múltiple de Duncan para el modelo estadístico completamente al azar, no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos T1 (Lija y remojo en agua climatizada) y T3 (Agua caliente a 80°C durante cinco minutos), los cuales presentaron promedios de emergencia de 93.75% y 87.5 % respectivamente.

Cuadro7. Análisis de Varianza para el porcentaje de emergencia de semillas de *Mimosa quitensis* bajo cuatro métodos de escarificación.

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	F	
					5%	1%
Tratamiento	3	26826,2	8942,1	124,24	3,49	5,95
Error	12	863,72	71,976			
Totales	15	27690				

GL: Grados de libertad.

SC: Suma de cuadrados.

CM: Cuadrados medios.

Fc: F calculada.

F: F tabulada.

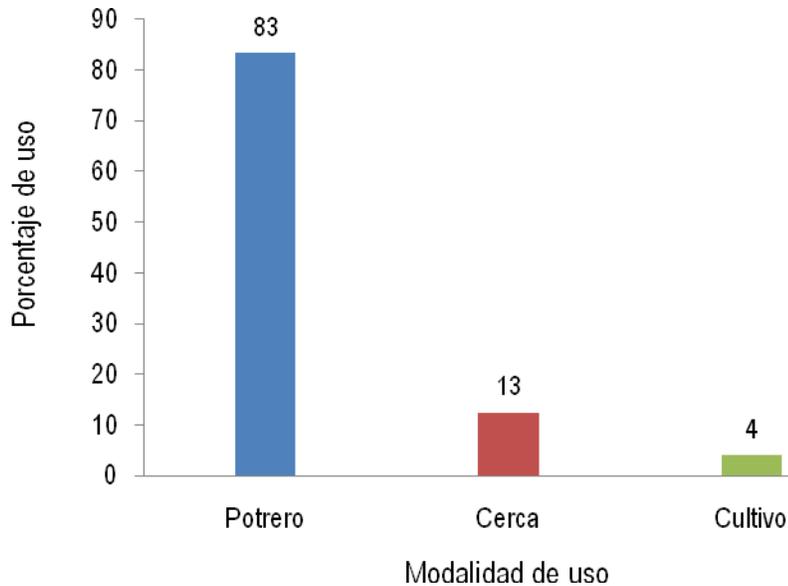
Fuente. Presente estudio, 2010.

En el caso de T2 (ácido sulfúrico al 40% durante 5 minutos) el bajo porcentaje de germinación indica que la inmersión de las semillas en ácido sulfúrico durante el tiempo evaluado afectó negativamente el potencial germinativo al afectar la viabilidad de los embriones (Sanabria *et al* 2004). Al respecto, Skerman *et al* citados por Sanabria *et al* (2004) afirman que semillas tratadas con H_2SO_4 pueden sufrir daño del tegumento por causa del calor extremo que se produce al lavar con ácido, o bien este penetra la semilla y daña el embrión.

3.6 FORMAS DE USO FRECUENTES DE LA ESPECIE

De un total de 30 registros realizados en campo (Anexo A) se encontró que dentro de las formas de uso en sistemas ganaderos el 86.67% está siendo utilizado en potreros, 10% como cercas vivas y solo un 3.33% como cultivo (Figura 19). En este último, Arboleda y Tombe (2010) resaltan que el guarango ha tenido algunos avances en cuanto a prácticas de manejo como podas y raleos en localidades como los Municipios de Silvia y Sotará.

Figura 19. Usos más frecuentes de *Mimosa quitesis* en la zona de estudio.



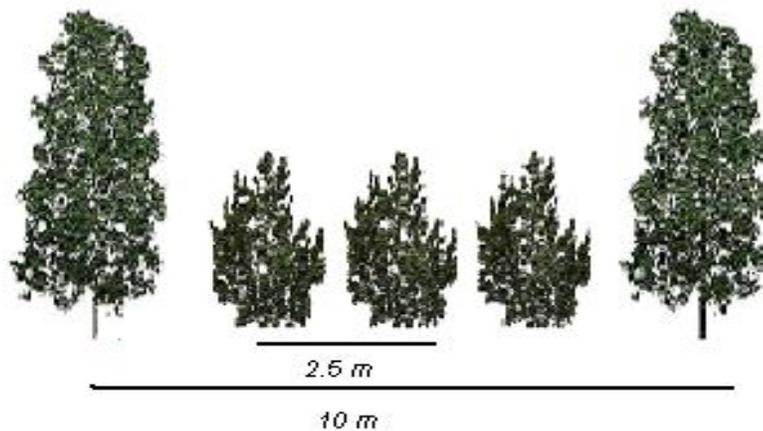
Fuente: Presente estudio, 2010.

Lo anterior muestra que a pesar de ser una especie potencialmente utilizable para mejorar los parámetros productivos de los sistemas ganaderos en ecorregiones del trópico alto aun es escaso el avance entorno a prácticas culturales y diseño de sistemas agroforestales, lo cual se ve reflejado en el alto porcentaje de árboles que crecen en potreros sin ningún tipo de manejo.

3.6.1 Alternativas de uso. Teniendo en cuenta que la ganadería como actividad económica y uso del suelo ha tenido serios efectos negativos al medio ambiente como contaminación de fuentes hídricas, deterioro de suelos, pérdida de biodiversidad en tanto flora y fauna a partir de los procesos de tala de bosque para el establecimiento de pasturas entre otros, es necesario el diseño y puesta en práctica de alternativas agroforestales como el silvopastoreo que permitan reducir los efectos derivados de la actividad ganadera y mejorar los niveles de producción a partir del mejoramiento de las condiciones de fertilidad de los suelos, microclimas más favorables para los animales, fuente de forraje adicional para los animales en periodos críticos etc. Por lo anterior y considerando algunas observaciones anotadas con anterioridad referentes a las diferentes ventajas que puede llegar a ofrecer el guarango en los sistemas ganaderos, a continuación se proponen algunas formas de uso posibles de la especie en los ecosistemas regionales.

- **Cercas vivas.** A pesar de que la utilización de árboles en potreros es una práctica tradicional es poco el uso del guarango bajo este arreglo encontrado en el área de estudio. En la figura 20, se muestra un esquema propuesto para un arreglo de cercas vivas de guarango (*Mimosa quitensis*) en asocio con aliso (*Alnus acuminata*)

Figura 20. Esquema vertical de un arreglo guarango-aliso como cerca viva



Fuente: Presente estudio, 2010.

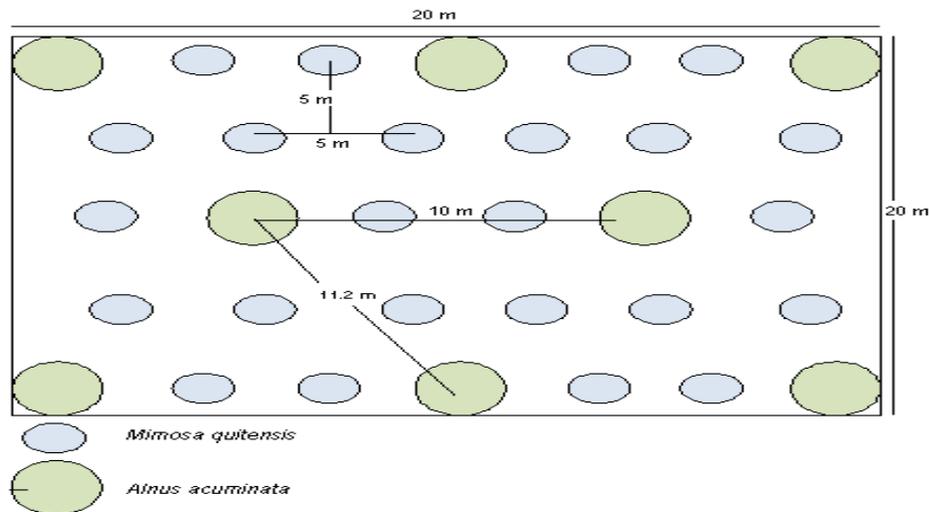
De acuerdo con Ospina (2003) las cercas vivas son una de las tecnologías agroforestales que desarrollan con menor fortaleza su potencial. Es frecuente que la cerca viva cumpla con la función principal de impedir el paso de personas y animales pero su potencial productivo (madera, leña, forraje, frutos, abono verde) y otros servicios (diversificación del paisaje, regulación climática, hábitat de fauna local, acumulación de CO₂) que no son realmente valorados y alcanzados. Por lo tanto, estas se convierten en una excelente opción para la utilización de especies arbóreas y arbustivas locales en los sistemas ganaderos. A la vez, es una especie que por ser ramoneada por los animales ofrece una fuente de forraje adicional en épocas críticas.

Para su instalación se recomienda manejar distancias de 2.5 metros entre árboles si se utiliza como única especie, sin embargo se puede asociar con otras especies arbóreas encontradas en la zona como aliso (*Alnus acuminata*), lechero (*Euphorbia lauriformis*) entre otras. En este caso, pueden establecerse cercas de múltiple estrato manejando distancias de 10 metros entre árboles para el caso del aliso, 3 m metros para en guarango y 1.5 m en el caso del lechero.

– **Setos.** Teniendo en cuenta algunas consideraciones realizadas por Arboleda y Tombé (2010), bajo este uso se recomienda el establecimiento de surcos a distancias de 1 metro entre árboles siguiendo las curvas de nivel para el caso de terreno quebrados, con el propósito de reducir la velocidad del agua lluvia además de mejorar la fertilidad del suelo a partir de la fijación natural de nitrógeno atmosférico. Del mismo modo proporciona un mejor aspecto visual en términos paisajísticos.

– **Árboles en potreros.** Bajo esta forma de uso pueden ser sembrados a una distancia de 5 metros entre árboles y 8 metro entre surcos bajo arreglos de doble estrato en combinación con especies de mayor altura como acacias (*Acacia sp*), aliso (*Alnus acuminata*) entre otros (Arboleda y Tombé 2010). En la figura 21 se presenta un esquema de árboles en potreros sembrados a tresbolillo recomendado para terrenos pendientes.

Figura 21. Esquema de árboles distribuidos en potreros sembrados a tresbolillo.

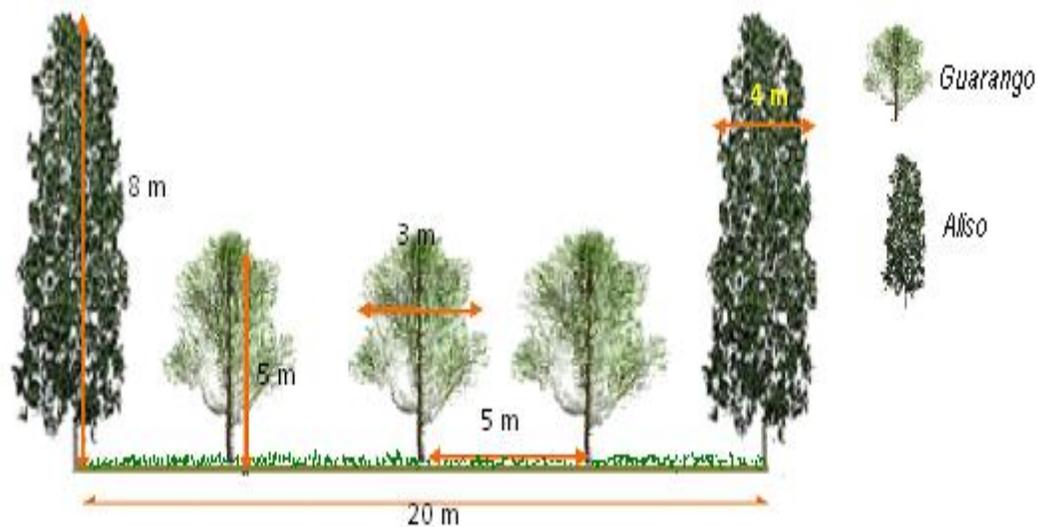


Fuente: Presente estudio, 2010.

Considerando los sistemas agroforestales multiestrato como una forma de producción agroforestal que se acerca a la estructura y dinámica de los bosques naturales, la combinación de especies de diferentes alturas permite un mejor aprovechamiento horizontal y vertical del suelo y por lo tanto debe ser una herramienta que debe ser aprovechada para el diseño de arreglos arbóreos en los sistemas ganaderos. En la figura 22, se presenta un esquema de un arreglo de

doble estrato para el trópico alto compuesto por *Alnus acuminata* y *Mimosa quitensis*.

Figura 22. Esquema vertical de un arreglo de doble estrato Aliso-guarango



Fuente: Presente estudio, 2010.

Este es un arreglo que puede ofrecer varios beneficios en los sistemas ganaderos del trópico alto como mejorar la fertilidad natural de los suelos a través de la fijación de nitrógeno, a la vez aportar sombra a los animales dado la generación de microclimas más adecuados para los bovinos. Del mismo modo es una opción de forraje complementario para los animales a través del ramoneo a la vez que mejora las características paisajísticas de los predios. Por lo tanto, la agroforestería en el ámbito ganadero debe ser una opción de mayor interés por parte de los productores e instituciones interesadas en el fomento de una actividad ganadera que reduzca los impactos ambientales en los diferentes ecosistemas regionales (Arboleda y Tombé, 2010)

4. CONCLUSIONES

El guarango (*Mimosa quitensis*) es una especie propia de ambientes del trópico alto originaria del sur de Colombia y norte de Ecuador que se perfila como una especie de importancia para el diseño de sistemas silvopastoriles en los sistemas ganaderos regionales para clima frío.

El follaje de *Mimosa quitensis* presenta altos contenidos de proteína con una buena DIVMS, sin embargo a su vez los altos contenidos de taninos y FDN se presentan como limitantes para el nivel de consumo voluntario y la asimilación de la proteína en el tracto digestivo bovino. Sin embargo deben ser consideradas otras ventajas de tipo ambiental que ofrece la especie para el diseño de sistemas silvopastoriles.

El guarango es una especie de alta frecuencia de aparición en la zona de estudio, lo cual se sustenta a partir del alto porcentaje de viabilidad de las semillas a través de la prueba de tetrazolio, mostrando niveles de germinación del 100% para las semillas colectadas en las localidades de Popayán y Silvia y 90% para Puracé y Totoró. Adicional a lo anterior, características como frutos dehiscentes y semillas de pequeño tamaño se asocian a mecanismos de dispersión como hidrocoria.

Dentro de las pruebas de escarificación evaluadas, se encontró que las semillas de guarango respondieron bien cuando fueron escarificadas con lija y remojo en agua a temperatura ambiental y cuando fueron tratadas en inmersión en agua caliente durante dos minutos. Por el contrario, el tratamiento con ácido sulfúrico tiene efectos negativos sobre el potencial germinativo de las semillas al afectar la viabilidad de los embriones.

Estadísticamente no se hallaron diferencias significativas entre T1 (Lija y remojo en agua climatizada) y T3 (Agua caliente a 80⁰ C durante dos minutos) a pesar de que los porcentajes de emergencia fueron de 93.75% y 87.5 % respectivamente. El alto porcentaje de emergencia logrado bajo estos dos métodos de escarificación de bajo costo es una opción que puede permitir a los productores el establecimiento de la especie bajo diferentes arreglos en los sistemas ganaderos dada la fácil germinación de sus semillas.

En la zona de estudio aun es incipiente el avance en torno a prácticas de manejo y cultivo de la especie. En consecuencia el mayor porcentaje de registros figura bajo la modalidad de uso en potreros sin ningún tipo de manejo seguido del uso como

cercas vivas y en último grado como cultivo. En este último son escasos los sitios donde se adelantan prácticas de manejo como podas y raleos, encontrando algunos avances en el municipio de Silvia.

El guarango es una especie que responde bien a prácticas de manejo como podas, sin embargo los niveles de producción de forraje son bajos comparado al de otras especies.

5. RECOMENDACIONES

Deben realizarse estudios más detallados a nivel químico para determinar el tipo de taninos contenidos en el forraje de la especie estudiada y así poder determinar con mayor precisión el efecto producido sobre la digestibilidad.

Se sugiere la realización de estudios de variabilidad genética que permitan identificar ejemplares con menores contenidos de taninos en las hojas para mejorar el aprovechamiento de la proteína a través de la digestión ruminal.

Es necesario realizar estudios de tipo agronómico y prácticas de manejo para evaluar el comportamiento de la especie frente a diferentes prácticas de cultivo que permitan mejorar las condiciones de producción de forraje para los animales.

Se recomienda replicar este estudio para otra especie locales con potencial forrajero para mejorar la oferta nutricional bovina.

BIBLIOGRAFÍA

ADECOQUIN, Asociación de Desarrollo Comunitario del Quindío. Manual de Caracterización de Áreas Silvestres, Armenia, Diciembre de 1999. Pág 42.

ALTIERI, M.A, Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. La Habana: CLADES-ACAO. 1997.

ALVAREZ J. E. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Primera Ed., Universidad de Caldas, Manizales, 2002. ISBN 958-8041-76-7. Pag, 435-463. Pág 62.-75.

ARAGAO, W. y COSTA, B. Evaluación de métodos de escarificación en la germinación de semillas de *Centrosema pubescens*. Aracaju-SE (Brasil): Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria; 1983. Informe Técnico No. Pág 63.

ARBOLEDA D., TOMBE A. Línea base de especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera, en clima frío del departamento del cauca. Tesis de grado Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca. Popayán 2010. Pág 54.

BECERRA L., CHAPARRO M. Morfología y Anatomía vegetal. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. Bogotá, 1999. Pág 5-25.

BENACHÍ H. Plan de desarrollo Municipio de Totoró 2008-20011 “Diagnostico” Alcaldía de Totoró, 2007. Pág 42.

BENAVIDES J. La investigación en arboles forrajeros. En: Árboles y Arbustos Forrajeros de América Central. 1994. vol. 1, p. 3-19.

BURBANO E. Efecto de la escarificación química en la calidad de semilla de *Centrosema* sp, durante el almacenamiento. En: Agronomía Mesoamericana. 1990. vol. 1. Pág 63-67.

CÁRDENAS E. A. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. [En línea]. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 2008, [citado en abril 15 de 2010]. Disponible en Internet: http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/file_eventosenti/file_eventosenti10332.pdf

----- Estrategias de la investigación en forrajes de tierra fría en Colombia y avances en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. En: Revista de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 1990. Pág. 20 – 24.

CARMONA A. Revista Lasallista de investigación Vol. 4 No 1. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. Antioquia. 2007. Pág. 40-50.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL CIAT. Resultados de análisis bromatológico, Laboratorio de forrajes. Palmira Valle, 2010.

CORNER, E.J. Morfología y Anatomía Vegetal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1976. 212 pág.

CRONQUIST A. An integrated sistem of classification of flowering plants. The New York Botanical Garden, Culombia University Press. New York, 1981. Pág 1262.

Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Totoró. Municipio de Totoró 1998.Pág 36.

FEDEGAN. La ganadería bovina en Colombia 1998 – 1999. Bogotá D.C: 1999. Pág. 261.

FLORES O., IBRAHIM M., KASS D., ANDRADE H. Agroforestería en la Américas, Vol. 6 No 23. El efecto de los taninos de especies leñosas forrajeras sobre la utilización de nitrógeno por bovinos. 1999 Pág. 42-44.

GAMARRA J. R. Documentos de trabajo No 95 sobre Economía Regional, La Economía del Departamento del Cauca Concentración de Tierra y Pobreza. Banco de la República, centro de Estudios económicos regionales. Octubre de 2007. Pág 7-10.

GÓMEZ M. *et al.* Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Cali: CIPAV, 1995. 129 p.

GÓMEZ M., RODRÍGUEZ L., MURGUEITIO E., RÍOS C., ROSALES M., MOLINA E., MOLINA C H. y MOLINA J. P. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Segunda edición aumentada. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV. Cali, Colombia., 1997.Pág147.

GRETHER, R.; MARTÍNEZ, A. y CAMARGO, S. Mimosa. En: Fascículo Mimosoideae, Leguminosae. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. 1988. Pág 11–12.

HARINDER P.S. MAKKAR. Quantification of tannins in tree and shrub foliage, a Laboratory manual. International Atomic Energy Agency (IAEA), 2003.ISBN 1-4020-1632-8. Pág 102.

HESS DIETER H., GOMEZ J., LASCANO C. Taller Taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia Centro Internacional de Agricultura CIAT, (Publicación CIAT no. 352). Cali, 2006. Pág 52

HOLDRIDGE L.R. Ecología, basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José de Costa Rica, 1978. Pág 21.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. Mapa Digital Integrado de Colombia. IGAC. Bogotá, 2005.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA. Descripción topográfica de la meseta de Popayán con fines agropecuarios ,1994. Pág 12.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ILRI: Annual Report: Livestock, people and the environment. Nairobi, Kenya, 1997 (Revisión). [En línea]: [citado en febrero 12 de 2010]. Disponible en internet: www.cgiar.org/ilri/pubs/a-report/ar97.cfm

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad (Revisión). [En línea]. Colombia (Colombia): [citado en febrero 12 de 2010]. Disponible en internet: http://www.humboldt.org.co/humboldt/homeFiles/inventarios/GEMA_CAP_04_2ED.pdf

KINGMAN, M.S. The influence of legume seeds on human plasma lipid concentrations. Nutrition, Research Reviews, 1991 Pág. 97-117

LATORRE J., CALDERON A. Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos graníferos (*Sorghum bicolor* (L) *moench*) cultivados en Colombia. Corporación colombiana de investigación Corpoica, Regional 7. Bucaramanga, 1998. Pág 23.

LOTERO, J. Producción y utilización de los pastizales de las zonas alto andinas de Colombia. Red de pastizales Andinos. Quito (Ecuador): REPAAN, 1993. Pág 23-32.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN–W³-Specimen Data Base: [citado en febrero 16 de 2010]. Disponible en internet: <http://www.mobot.org/>

NAS. Tropical legumes: Resources for the future. National Academy of Sciences, Washington, D.C, 1979. Pág 332 .

OLVERA M., OLIVERA L. Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. México, 2000. Pág 330.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL FOMENTO DE LA AGRICULTURA FAO. Manejo de malezas para países en desarrollo. Departamento de Agricultura, disponible en http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s09.htm#referencias5_1

OROZCO M. Ecología funcional de cuatro especies del género *mimosa* (leguminosae) en la cuenca del río estórax, en el estado de querétaro, México. Tesis doctorado en ciencias biológicas. México D.F.: Universidad autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, 2003. Pág 279.

OSPINA A. Agroforestería, Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal, Asociación del Colectivo de Agroforestería del Suroccidente colombiano, Primera ed. Cali noviembre de 2003. `Pág 15.

PINTO RUIZ R., HERNADEZ D. *et al.* Agronomía Mesoamericana Vol. 20 No. 1. Taninos y fenoles en la fermentación in vitro de leñosas forrajeras tropicales. México, 2009. Pág 15.

PAZ J. Características físicas, químicas y biométricas de distintas especies de *Eucalyptus* y su aptitud pulpable. Universidad de Concepción, Chile 1993. Pág 6.

POLANIA L., RENDON E. Línea base de especies arbóreas y arbustivas con aptitud forrajera en sistemas de producción ganadera, en el Peniplano de Popayán. Tesis de grado Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca. Popayán 2008. Pág 24.

PRIETO A. Base de datos de las leguminosas del FMB. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt 0.1. [En línea]. Bogotá D.C. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. 2006. [citado en 2 mayo de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.siac.net.co/sib/aat/WebModuleAAT/DetalleOrganismo.jsp?idTaxon=34106>.

PURCELL, D. Producción, almacenamiento y tratamiento de semillas de forrajeras. En: Seminario sobre producción de semillas de forrajeras. (s.l: Bogotá, Colombia). Memorias. Bogotá D.C: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1975. Pág 61-88.

RAMIREZ LATORRE S., CALDERON ARAQUE C. A. Evaluación fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos graniferos (*sorghum bicolor* (L) moench) cultivados en Colombia. Corpoica, Bucaramanga, 1998. Pág 14.

REYES G., NAVIA R. Efecto de la sombra de cuatro especies arbóreas sobre la producción del forraje *brachiaria decumbens* en el peniplano de Popayán. Tesis de grado Ingeniería Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca. Popayán 2010. Pág 26.

ROSALES M, MURGUEITIO E, OSORIO H, SPEEDY A, SÁNCHEZ M. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica (Conclusiones y evaluación de la conferencia electrónica) - Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, CIPAV. Cali, Colombia 1998. Pág 15.

RUSO R. y BOTERO R. El componente arbóreo como recurso forrajero en los sistemas silvopastoriles. Escuela de agricultura tropical húmeda EART, San José de Costa Rica: LEAD. 2008. Disponible en www.produccion-animal.com.ar

ROSARIO L. Efectos de la calidad del forraje y el tipo de concentrado sobre el consumo voluntario y producción de leche en vacas lecheras. Tesis de grado Maestría en Ciencias en Industria Pecuaria. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico, 2005. Pág 29.

SANABRIA D., SILVA R., OLIVEROS M., MANRIQUE U. Biagro Vol. 16 No 3. Germinación de semillas de las leguminosas arbustivas forrajeras *Cratylia argentea* y *Cassia moschata* sometidas a inmersión en ácido sulfúrico. Venezuela, 2004. Pág 25.

SÁNCHEZ M. y CARDOZO C. Semillas de especies forrajeras tropicales. Producción y suministro. Palmira (Valle): Universidad Nacional de Colombia, 2001. Pág. 34-38.

SÁNCHEZ M. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. Dirección de Producción y Sanidad Animal, FAO, Roma 1998. Pág 11.

SIERRA J. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Ciencia y Tecnología, editorial Universidad de Antioquia. Primera Edición, Antioquia 2002. Pág 26-32.

SHELTON M. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. Depósito de documentos de la FAO. [En línea]. Departamento de Pastos. s.l. FAO. 1999. [citado en 4 julio de 2010]. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/docrep/fao/x3989s/>.

URIBE C. Plan de Modernización de la Ganadería Bovina Colombiana, Silvopartoreo: Alternativa para mejorar la Sostenibilidad y la Competitividad de la Ganadería Colombiana. Compilación de las Memoria de dos seminarios internacionales sobre sistemas silvopastoriles. Corpoica, Corporación colombiana de Investigación Agropecuaria, 1995-1997. Pág. 13, 30.

VALERIO CH. Silvia. Efectos del secado y métodos de análisis sobre los estimados de taninos y la relación de estos con la digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. Tesis de grado Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, 1990. Pág 36.

VIVAS N. Evaluación agronómica de 137 accesiones de *Desmodium velutinum* en la estación experimental CIAT, Santander de Quilichao. Trabajo de Maestría en Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia. Palmira Colombia. (2005). Pág 42.

ANEXO A. Usos frecuentes de *Mimosa quitensis* en la zona de estudio.

Mpio.	Vereda	Nombre Común	Coordenadas	Altitud	Estado			Relieve			OBSERVACION
					P	C	Ce	P	O	Q	
Puracé	El Márquez	Guarango	N2 22.482 W76 29.234	2912 m	1				1		Sobre vía Coconuco - El Márquez
Puracé	Cab. Municipal	Guarango	N2 16.514 W76 30.620	2472 m	1				1		
Puracé	El Tablón	Guarango	N2 23.095 W76 26.417	2838 m	1				1		
Puracé	La Cabrera	Guarango	N2 24.584 W76 30.619	2171 m	1					1	
Puracé	La Cabrera	Guarango	N2 24.418 W76 30.218	2219 m	1				1		Arreglo silvopastoril
Silvia	Cab. Municipal	Guarango	N2 36.275 W76 23.097	2474 m	1				1		
Silvia	Cab. Municipal	Guarango	N2 36.187 W76 22.721	2586 m			1		1		
Silvia	Juanambu	Guarango	N2 43.511 W76 19.407	2731 m	1					1	Sobre la vía Silvia/ Pitayo
Silvia	Guambia	Guarango	N2 38.209 W76 20.790	2776 m	1					1	Sobre la vía
Silvia	Miraflores	Guarango	N2 33.097 W76 25.252	2404 m	1				1		Sistema silvopastoril
Silvia	Miraflores	Guarango	N2 33.527 W76 25.504	2374 m	1				1		
Silvia	Camojó	Guarango	N2 36.717 W76 25.015	2571 m	1				1		Sistema silvopastoril
Silvia	Camojó	Guarango	N2 36.499 W76 24.991	2530 m			1		1		
Silvia	Camojó	Guarango	N2 36.975 W76 25.121	2528 m	1				1		
Silvia	Chuluambo	Guarango	N2 39.453 W76 23.822	2651 m	1				1		
Silvia	La Estrella	Guarango	N2 36.032 W76 26.504	2547 m		1			1		Arreglo silvopastoril 4m * 4m
Silvia	Cab. Municipal	Guarango	N2 36.530 W76 22.362	2573 m	1				1		
Silvia	Cacique Alto	Guarango	N2 37.236 W76 23.201	2705 m			1		1		Sobre la vía

Mpio.	Vereda	Nombre Común	Coordenadas	Altitud	Estado			Relieve			OBSERVACION
					P	C	Ce	P	O	Q	
Totoró	Cab. Municipal	Guarango	N2 30.715 W76 24.674	2546 m	1				1		
Totoró	Paniquita	Guarango	N2 31.801 W76 28.433	2115 m	1				1		Sobre vía Popayán-Paniquita
Totoró	Paniquita	Guarango	N2 31.723 W76 28.743	2177 m	1				1		
Totoró	Polindara	Guarango	N2 29.369 W76 25.481	2544 m	1				1		
Popayán	San Juan	Guarango	N2 27.360 W76 28,470	2617 m	1				1		
Popayán	San Juan	Guarango	N2 27.319 W76 29.720	2647 m	1				1		
Popayán	La Laguna	Guarango	N2 27.210 W76 29.269		1				1		
Popayán	La Laguna	Guarango	N2 27.258 W76 29.534		1				1		
Popayán	La Laguna	Guarango	N2 27.132 W76 30.301		1				1		
Popayán	La Guacas	Guarango	N2 27.152 W76 31.307		1				1		
Popayán	La Guacas	Guarango	N2 28.187 W76 33.370		1				1		
Popayán	El platanillal	Guarango	N2 20.171 W76 38.427		1				1		

Fuente. Arboleda y Tombé, modificado por los autores, 2010.

ANEXO B. Especies asociadas bajo el sombrío de *Mimosa quitensis* en la zona de estudio.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Observaciones	Registro fotográfico
Loranthaceae	<i>Lorantus leptotachyus</i>	matapalo	Es una hemiparásita muy común en el guarango, mide de 0,30 a 1,50 m de largo. Las raíces adventicias le permiten asirse a las ramas de la planta hospedante. (Daniel coto 2008)	 2008/12/22
Malvácea	<i>Sida rhombifolia</i>	Escoba negra	Maleza de hoja ancha muy común en potreros, distribuyéndose generalmente en forma de pequeños manchones. (Fundación Danac 2008)	 01/27/2008
Mirtácea	<i>Psidium guajava</i>	guayaba	Generalmente los árboles se encuentran distribuidos en los potreros, hasta altitudes de 1900 msnm; las semillas las diseminan aves, bovinos y el hombre (Escobar, 2005).	 12/02/2010

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Observaciones	Registro fotográfico
Polygonaceae	<i>Rumex obtusifolius</i>	Lengua de vaca	Hierba perenne, erguida, robusta, sin pelos Crece en densas colonias. Distribución latitudinal hasta los 2900 m (Rzedowski 2001).	
Mimosa	<i>Mimosa pigra</i>	Zarza, espinosa	Los densos matorrales compiten con los pastos e impiden el acceso al agua, y así constituye una amenaza a la ganadería (Miller <i>et al.</i> 1981). Sin embargo puede ser una importante fuente de proteína para los bovinos cuando se realiza un manejo adecuado.	
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i>	Cortadera	Es típica de lugares algo húmedos. La estrellita blanca es una rara representante de su familia. (Alain Muñoz 2006.)	

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Observaciones	Registro fotográfico
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Pacunga o cadillo	Originaria de Sudamérica. Las flores son individuales y pequeñas, de color con 4 o 5 pétalos blancos. Las semillas son de color negro y se adhieren a la ganadería y los seres humanos (Grubben, G.J.H. & Denton, O.A, 2004)	
Poaceae	<i>Andropogon sp.</i>	Pasto rabo de zorro	Hierba de color verde amarillento, hojas simples, arreglos florales en forma de racimos.	
Asteráceas	<i>Chromolaena odorata</i>		Originaria de América Central y del Sur tropical. Es un arbusto perenne abierto que crece hasta una altura de 5 m cuando cuenta con un soporte. Crece en muchos tipos de suelos, pero prefiere los bien drenados. No tolera la sombra y prospera bien en áreas abiertas.	

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Observaciones	Registro fotográfico
Poaceae	<i>Lasiacis divaricata</i>		Normalmente crece en medio del sotobosque y densidad forestal reducida, en pequeñas aberturas y áreas con matorrales.	
Pteridaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho marranero	Especie subcosmopolita de distribución mundial. Crece desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de altitud sobre suelos profundos bien drenados y ácidos.	
Verbenaceae	<i>Lantana rugulosa</i>		El género Lantana comprende especie perenne nativa de regiones tropicales de América y África. Se caracterizan por ser plantas melíferas.	

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Observaciones	Registro fotográfico
Rosaceae	<i>Rubus urticifolius</i>	Mora de monte	Pertenece a la familia Rosácea y al género Rubus. Este género se ha extendido en las partes altas de las zonas tropicales. Crece en suelos (arcilloso, arenoso, limoso	
Rubiaceae	<i>Coccocypselum lanceolatum</i>		Especies herbáceas con frutos carnosos azul o púrpura y flores con cuatro pétalos.	
Poaceae	<i>Paspalum sp.</i>	Trencilla o grama	Planta perenne con tallos de 6 a 50 cm provistos de una vaina glabra en el ápice. Crece a plena luz y presenta un comportamiento invasor.	
Gramineae,	<i>Cynodon dactylon (L.)</i>	grama común	Planta de 10-30 cm. Inflorescencia formada por 2-7 espigas Muy común en terrenos removidos, bordes de camino, Aizpuru et al. (1993)	

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Observaciones	Registro fotográfico
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	Yaragúa	Especie perenne de porte desparramado, que forma grandes macollas, con tallos pubescentes. Las hojas son rojizas, pegajosas, y de fuerte olor	
Rosaceae	<i>Rubus floribundus</i>	Zarzamora o mora silvestre	Arbusto espinoso de 1.5 m de altura. Abundante ramificación rastrera, hojas compuestas, ásperas de borde aserrado, puntas agudas, base redondeada y nerviación marcada. Flores rosadas.	
Fabácea	<i>Arachis pintoii</i>	Maní forrajero	Produce abundantes estolones lo cual favorece una cobertura rápida del suelo. Es tolerante a la sombra (Rincón, 1999)	
Rosaceae	<i>Trifolium repens</i>	trébol	Hierba perenne. Crece hasta 40 cm, pero generalmente más baja (alrededor de 20 cm).	

Fuente. Presente estudio, 2010.

ANEXO C: Análisis de Varianza para la Evaluación del porcentaje de emergencia.

FC	39584
SCT	27690
SCTr	26826
SCEr	863,7
Fc	124,2

FC: Factor de corrección

SCT: Suma de cuadrados totales

SCTr: Suma de cuadrados de tratamientos

SCEr: Suma de cuadrados del error

Fc: F calculada

Prueba de rango múltiple de Duncan

S_x^8 14,695

Medias por comparar	2	3	4
Valores Duncan	4,32	4,55	4,68
DMS	63,48	66,8600507	68,7703379

MATRIZ					
		T1	T3	T4	T2
		93,75	87,5	9,38	8,33
T2	8,33	85,42	79,17	1,04	
		68,77	66,86	63,48	
T4	9,375	84,38	78,13		
		68,77	66,86		
T3	87,5	6,25			
		68,77			
T1	93,75				

Fuente. Presente estudio, 2010.

⁸ Error estándar de la media