



EL ALISO (*Alnus acuminata* H.B.K.) COMO ALTERNATIVA SILVOPASTORIL EN EL MANEJO SOSTENIBLE DE PRADERAS EN EL TRÓPICO ALTO COLOMBIANO

Leonardo Sánchez Matta¹, Gina Marcela Amado Saavedra²,
Paola Jimena Criollo Campos³, Teresa Carvajal Salcedo⁴, Jaime Roa Triana⁵,
Aurora Cuesta Peralta⁶, Abelardo Conde Pulgarín⁷, Alexander Umaña Arboleda⁸,
Luz Mery Bernal⁹, Leonor Barreto de Escovar¹⁰

-
- 1 MVZ, Ph. D. Principal. CORPOICA. C. I. Tibaitatá.
 - 2 Ingeniera Forestal. Especialista SIG. CORPOICA. C. I. Tibaitatá.
 - 3 Bióloga. CORPOICA. C. I. Tibaitatá.
 - 4 Zootecnista, Ph.D. UDCA.
 - 5 Ingeniero Agrónomo. Especialista en Producción Animal. UDCA.
 - 6 Bióloga. Ms.C. UDCA.
 - 7 Zootecnista. Especialista en Nutrición Animal. Universidad de La Salle.
 - 8 Zootecnista. Universidad de La Salle.
 - 9 Bióloga Ph.D. UNAD.
 - 10 Zootecnista Ms.C. UNAD.

Sánchez Matta, Leonardo; Amado Saavedra, Gina Marcela; Criollo Campos, Paola Jimena; Carvajal Salcedo, Teresa; Roa Triana, Jaime; Cuesta Peralta, Aurora; Conde Pulgarín, Abelardo; Umaña Arboleda, Alexander; Bernal, Luz Mery; Barreto de Escovar, Leonor / El aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano. Colombia. Corpoica. 2009. 56 p.

Palabras clave: ALISO; CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS; USOS; NUTRIENTES; SISTEMA SILVOPASTORIL; PLAGAS DE LAS PLANTAS; ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS.



Esta publicación es resultado del Proyecto: “ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES COMO ESTRATEGIA DE MANEJO SOSTENIBLE DE PRADERAS”, Convenio 023 de 2005, Contrato 101 de 2006 (IICA - MADR), el cual fue financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Federación Nacional de Ganaderos - Fondo Nacional del Ganado, en alianza con la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA, la Universidad de La Salle, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD y la Asociación de Ganaderos de Usme “Amigos del Páramo” - AGAP y ejecutado por Corpoica.



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA
CI, Tibaitatá

ISBN: 978-958-740-028-1
CA: 23100024
CUI: 1137
Primera edición: abril de 2010
Tiraje: 1.000 ejemplares
Fotografías: Gina Marcela Amado Saavedra

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.corpoica.org.co

Producción editorial:
Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmédios.org

Diseño gráfico:  Annhite

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

DERECHOS DE AUTOR

Los resultados podrán ser difundidos por cualquiera de las partes, siempre y cuando se respeten los derechos de autor, dando los créditos correspondientes a todas las entidades participantes y financiadoras, colocando en todas las publicaciones los logos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Fedegan - FNG.

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN	5
2. INTRODUCCIÓN	7
3. ¿QUÉ ES UN SISTEMA SILVOPASTORIL?	9
3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	9
3.2. TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP)	11
3.3. ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES	17
4. EL ALISO EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	25
4.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	25
4.2. GENERALIDADES DE LA ESPECIE	27
4.3. MORFOLOGÍA	28
4.4. MANEJO EN VIVERO	33
4.5. USOS	35
4.6. PLAGAS Y ENFERMEDADES	36
4.7. CRECIMIENTO	37
5. EFECTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL DE SOMBRA ESTABLECIDO CON <i>Alnus acuminata</i>	41
5.1. EFECTOS SOBRE EL COMPONENTE SUELO	41
5.2. EFECTOS SOBRE LA PRADERA	41
5.3. EFECTOS EN LA CALIDAD NUTRITIVA DE LA PASTURA	43
5.4. EFECTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE	46
5.6. ANÁLISIS DE COSTOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL DE SOMBRA COMPARADO CON UN SISTEMA TRADICIONAL	48
6. CONCLUSIONES	51
Bibliografía	53



PRESENTACIÓN

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, con la financiación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Federación Nacional de Ganaderos - Fondo Nacional del Ganado, en alianza con la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA, la Universidad de La Salle y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD y la Asociación de Ganaderos de Usme, “Amigos del Páramo”, AGAP, presenta este manual resultado del proyecto **“ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES COMO ESTRATEGIA DE MANEJO SOSTENIBLE DE PRADERAS”** siendo un aporte al mejoramiento de los sistemas de producción de leche en el Trópico alto Colombiano.

La Alianza institucional que desarrolló este proyecto tomó en cuenta los siguientes temas: El manejo integral del sistema de producción de leche en el Trópico alto, incluyendo el mejoramiento de praderas, el establecimiento de diversos tipos de Sistemas silvopastoriles (SSP), la producción de alimentos de alto valor nutritivo al interior de las fincas y la generación de servicios ambientales, como ítems de vital importancia para aumentar la productividad de los predios de una manera ambientalmente sostenible, económicamente viable y socialmente aceptable.

Por esta razón se entrega a la comunidad este manual para la introducción de especies arbóreas en fincas ganaderas de Trópico Alto, en donde el aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.), es protagonista, dada su importancia ambiental y productiva. Se incluyen resultados de diversos trabajos de investigación en ítems altamente relacionados como son el suelo, la producción de forrajes y evaluaciones zootécnicas, realizados en predios vinculados a la Asociación de Ganaderos de Usme “Amigos del páramo” AGAP.



INTRODUCCIÓN

Las prácticas inadecuadas de manejo de praderas en sistemas de producción lechera especializada de Trópico Alto, representadas básicamente por la ampliación de la frontera agropecuaria, la tala y quema de bosques, el sobrepastoreo, la contaminación de fuentes de agua, el monocultivo de praderas, el uso de implementos inadecuados de preparación de la tierra y la excesiva mecanización, han generado como resultado amplias zonas con escasa cobertura arbórea y suelos desprotegidos y pobres nutricionalmente, con baja productividad y alta susceptibilidad a la erosión; lo anterior, asociado con fuertes variaciones climáticas, ha afectado de manera negativa la productividad de estas explotaciones, al disminuir de manera importante la oferta de biomasa, la carga animal, los niveles de producción láctea y las tasas de crecimiento animal.

Ante esta panorámica los Sistemas Silvopastoriles surgen como una opción de producción pecuaria [26] ambientalmente sostenible y económicamente viable en el corto, mediano y largo plazo, en donde interactúan árboles y/o arbustos, ganado y pradera en un mismo sitio [32], bajo un manejo integral que permite, mediante el sinergismo entre sus componentes, mejorar las condiciones del suelo y de productividad al obtener una fuente alternativa de forraje para los animales sin competir con la alimentación humana, desarrollar actividades productivas en condiciones de alta fragilidad, reducir el impacto ambiental de los sistemas tradicionales minimizando los disturbios a la estabilidad ecológica y mejorar el índice de producción por unidad de área, conservando los recursos naturales y protegiendo el medio ambiente [32].

Esta opción pecuaria se complementa con la tecnología disponible para la renovación y manejo adecuado de praderas y las diversas estrategias de conservación de forrajes, para atenuar los efectos negativos mencionados anteriormente y mantener niveles de productividad estables a través del tiempo. Adicionalmente, se dispone de información amplia sobre los efectos benéficos de diferentes especies arbóreas y arbustivas sobre indicadores físicos, químicos y microbiológicos del suelo, los cuales inciden de manera directa en la productividad

de las praderas y los animales, favoreciendo además la producción limpia y sostenible de las explotaciones ganaderas.

Aunque las especies arbóreas nativas de trópico alto presentan tasas lentas de crecimiento que dificultan su proceso de multiplicación e inclusión en arreglos, se dispone de algunas especies con alto potencial para los sistemas de producción de trópico alto por su crecimiento relativamente rápido y sus beneficios al ecosistema, características que les ha permitido su difusión y aceptación, siendo el Aliso uno de los materiales más difundidos en esta región.

¿QUÉ ES UN SISTEMA SILVOPASTORIL?

Un sistema silvopastoril es un uso específico de la tierra en el que se combinan especies arbóreas y/o arbustivas, forrajes, animales, suelo y agua, en un arreglo espacial y temporal, con múltiples interacciones ecológicas y económicas entre sus componentes [36]. Su objetivo principal es mejorar, en el mediano y largo plazo, las condiciones de productividad, sostenibilidad y rentabilidad de las explotaciones.

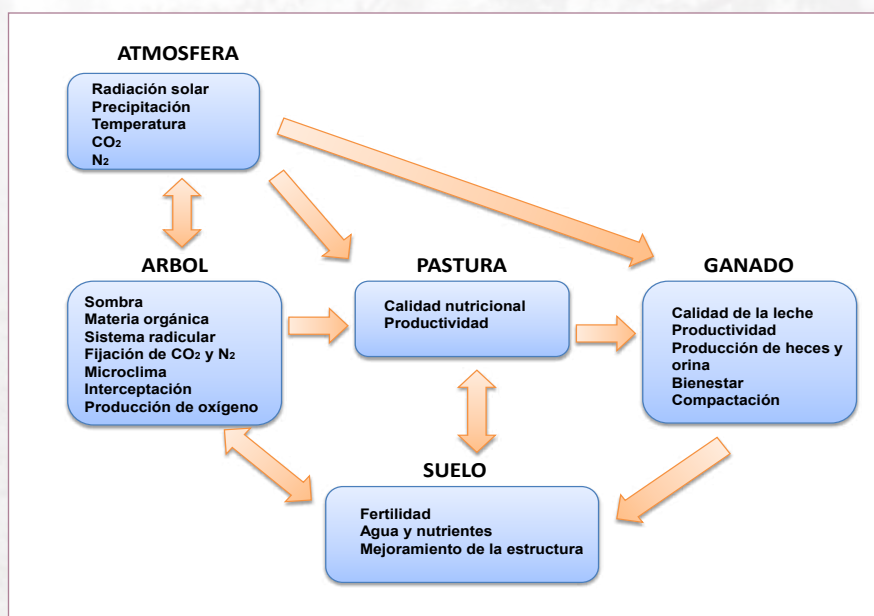


Figura 1. Componentes de un sistema silvopastoril.

3.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

Para el productor los Sistemas Silvopastoriles aportan un gran número de ventajas económicas, ambientales y pecuarias, entre las que se pueden mencionar:

- En general los sistemas silvopastoriles tienen mayor productividad primaria neta como consecuencia de

su mayor captación de luz, mayor ciclaje de nutrientes y mayor eficiencia en el uso del agua, lo que implica mayor inmovilización del carbono en el sistema [5].

- Abastecimiento de madera, alimento y otros subproductos del bosque como forraje, leña (reducción de la presión sobre los bosque natural), postes, materia orgánica, medicinas, cosméticos, aceites y resinas.
- Alto índice de eficiencia de uso de la radiación solar y del suelo, relacionado con el aumento del área disponible para captar agua y nutrientes debido al sistema radicular extendido y profundo del componente arbóreo [18].
- Producción de recursos alimenticios de alta calidad que no compiten con la alimentación humana e incremento en la disponibilidad de materia seca, relacionado directamente con el aumento de producción de biomasa vegetal y el aprovechamiento del forraje producido por las arbóreas mediante ramoneo o un sistema de corte y acarreo.
- Generación de un microclima¹ que favorece la actividad biológica lo que conlleva a un aumento de población de macro, meso y microfauna, esta última relacionada directamente con una mayor presencia de materia orgánica en el suelo [2], [3], [7], [17], [31], [35].
- Control de la erosión mediante la disminución de los efectos directos del sol, el impacto de la lluvia, el aumento de la infiltración y la permanencia de materia orgánica en la capa más superficial del suelo [9], [13].
- Disminución de los efectos del viento y las heladas en praderas y animales. Los árboles permiten la reducción de los efectos de las bajas temperaturas hasta en un 50% y pueden reducir la velocidad del viento hasta en un 70% [32].
- Fijación de Nitrógeno atmosférico y su transformación para hacerlo disponible en las gramíneas del suelo, mediante la asociación con bacterias del género *Rhizobium*; tal fijación puede llegar hasta 200 Kg. N/ha/año en el trópico [16].
- Mejoramiento de las características físicas del suelo (densidad, compactación y estructura), incremento del contenido de nutrientes [27], [28], y restablecimiento de flujos de elementos como fósforo, calcio, potasio y magnesio.
- Aumento del reciclaje de nutrientes ya que la presencia de gramíneas conjuntamente con árboles permite que una parte de los nutrientes extraídos del suelo sea devuelto mediante la descomposición de materia orgánica [11], [30].
- Mayor consumo voluntario en pastoreo, ya que por efecto de sombra se produce una termorregulación que reduce el estrés generado en los animales por condiciones climáticas extremas. Investigaciones recientes reportan un mayor aumento de peso en terneros pastando bajo

1 Conjunto de características atmosféricas que determinan un ámbito reducido.

plantaciones de aliso, debido a la protección del sol y del viento y a la mejor calidad del pasto [25].

- Mejoramiento de la calidad nutricional de la oferta forrajera asociada (proteína, fibra, cenizas y digestibilidad) [23]. En Colombia se encontró que potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con sombra de aliso pueden tener el doble de proteína que praderas de kikuyo a plena exposición solar [25].
- Protección del agua debido a que los árboles actúan como barrera, disminuyendo la velocidad de escorrentía, mejorando así la infiltración y la recarga de acuíferos [36].
- Reducción de los costos de producción, ya que estos se distribuyen entre los árboles y el ganado [32].
- Es necesario tener en cuenta que los contenidos de carbono (C) encontrados en el suelo de sistemas silvopastoriles establecidos demuestran que éstos potencialmente pueden configurarse como sumideros de carbono [27].
- Como desventaja puede mencionarse que el manejo de Sistemas silvopastoriles de alta densidad (Bancos forrajeros) demanda mayor cantidad de mano de obra.

3.2 TIPOS DE SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP)

Existen diferentes tipos de arreglos silvopastoriles, entre los cuales pueden mencionarse las cercas vivas, los arreglos de sombra y de ramoneo y los bancos forrajeros, que en trópico alto son establecidos con diversas especies, entre ellas aliso (*Alnus acuminata*), Acacia negra (*Acacia decurrens*) y saúco (*Sambucus nigra*).

Sistema Silvopastoril de Sombra (SSP's)

Este sistema mejora las condiciones de suelo, minimiza los efectos de los procesos erosivos y genera un microclima en la zona de implementación. Eleva la calidad de la pradera por la disposición de los árboles en hileras, permitiendo conservar un espacio que facilita el movimiento del ganado y otras operaciones sin sacrificar el crecimiento de los árboles.

Una de las mayores ventajas de este sistema es que el forraje desarrollado bajo condiciones de sombra, poco viento y cercano a árboles tiende a madurar más lentamente; por lo tanto, posee menos fibra y presenta mayor digestibilidad en comparación con los forrajes que crecen en pasturas sin sombra.

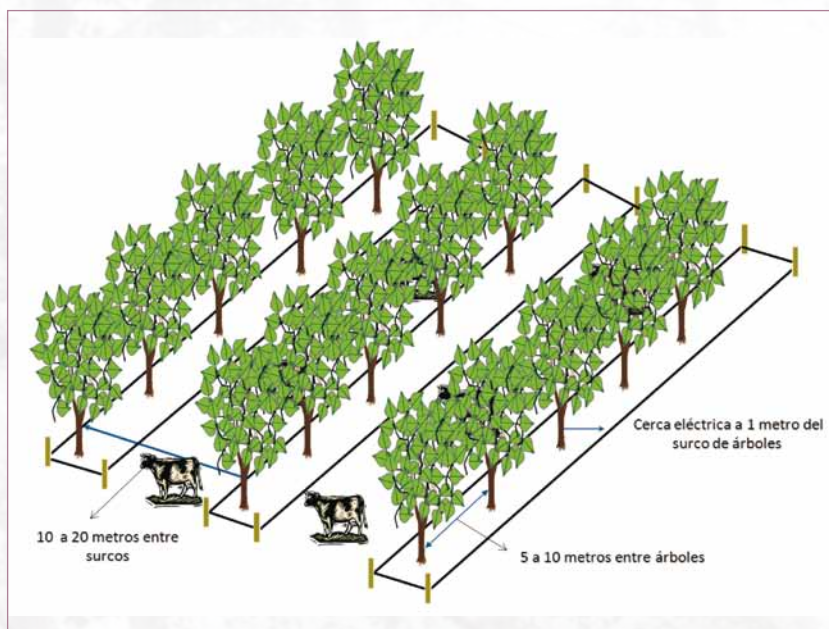


Figura 2. Esquema de un SSP's.

En general, después del establecimiento y habiendo instalado una cerca eléctrica para evitar el ramoneo de los animales, el manejo del Sistema Silvopastoril de Sombra (SSP's) se realiza mediante pastoreo rotacional, cuya periodicidad depende de la capacidad de recuperación de la pradera asociada, generalmente de 45 a 60 días.

El diseño del SSP's, establecido con aliso (*Alnus acuminata*), depende tanto de la extensión del terreno como del número de animales en pastoreo. Usualmente se utilizan distanciamientos de 5 a 10 metros entre árboles y 10 a 20 metros entre surcos:

Este sistema puede sembrarse en diferentes arreglos, a saber:

- **Distancia 5 x 10:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 5 metros entre árboles y 10 metros entre surcos, para un total de 200 árboles por hectárea.
- **Distancia 5 x 15:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 5 metros entre árboles y 15 metros entre surcos, para un total de 133 árboles por hectárea.
- **Distancia 5 x 20:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia 5 metros entre árboles y 20 metros entre surcos, para un total de 120 árboles por hectárea.



Figura 3. Pastoreo en un SSP's con *Alnus acuminata*

- **Distancia 10 x 15:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 10 metros entre árboles y 15 metros entre surcos, para un total de 66 árboles por hectárea.
- **Distancia 10 x 20:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 10 metros entre árboles y 20 metros entre surcos, para un total de 50 árboles por hectárea.

Sistema Silvopastoril de Ramoneo (SSP'r)

Este sistema se diseñó, al igual que el anterior, para mejorar las condiciones microclimáticas y de calidad nutricional de la pradera. La mayor diferencia en cuanto al SSP's es que los Sistemas Silvopastoriles de Ramoneo (SSP'r) son establecidos con especies como el sauco (*Sambucus nigra*) y la acacia negra (*Acacia decurrens*), que por sus condiciones de rápido crecimiento y facilidad de rebrote, permiten el consumo directo de forraje de alto valor nutricional para los animales mediante el ramoneo de los árboles.

Al igual que el Sistema Silvopastoril de Sombra, el Sistema Silvopastoril de Ramoneo puede establecerse en arreglos de 5 x 10, 5 x 15, 5 x 20, 10 x 15 ó 10 x 20.

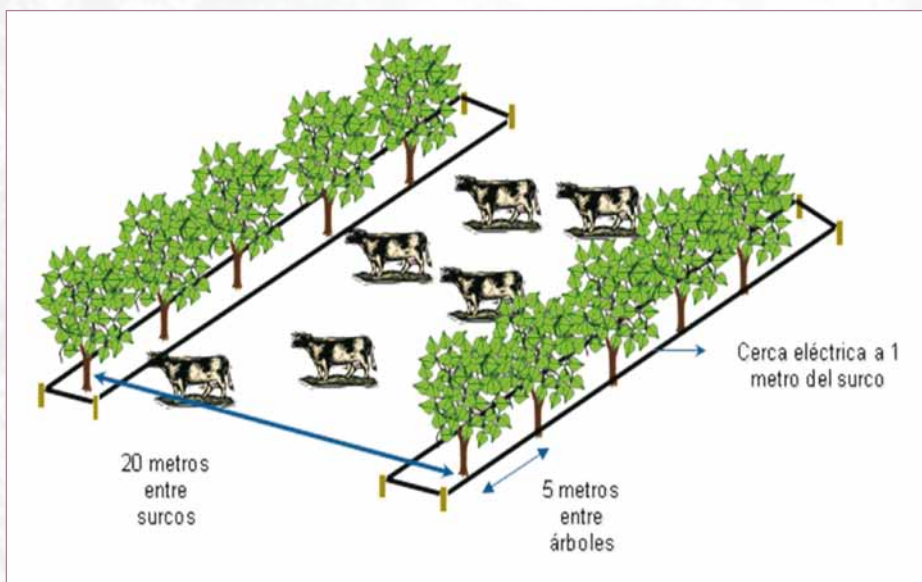


Figura 4. Pastoreo en un SSP's con *Alnus acuminata*.

Para un adecuado aprovechamiento de este sistema, los árboles deben mantener una altura máxima de 2 metros, con el objeto de facilitar el ramoneo por el animal.

Sistema Silvopastoril de Cerca Viva (SSP'cv)

Son siembras lineales de arbustos y/o árboles, en uno o varios estratos y de forma perpendicular a la dirección principal del viento para reducir los efectos de la erosión eólica² sobre el suelo, que se utilizan como setos, división de lotes, linderos entre propiedades ó barreras rompeviento y como fuente de leña, carbón, madera, frutos o forraje.

Este tipo de sistema está diseñado para la protección de cultivos, ganado, infraestructura y suelo. Consiste en el establecimiento de una o más hileras de árboles, como una barrera para detener el viento o para reducir su intensidad.

Otros beneficios de este sistema son su uso frecuente como lindero entre predios y fuente de productos maderables y/o combustible.

Este sistema puede establecerse con diferentes distancias de siembra:

² Erosión producida por el viento.

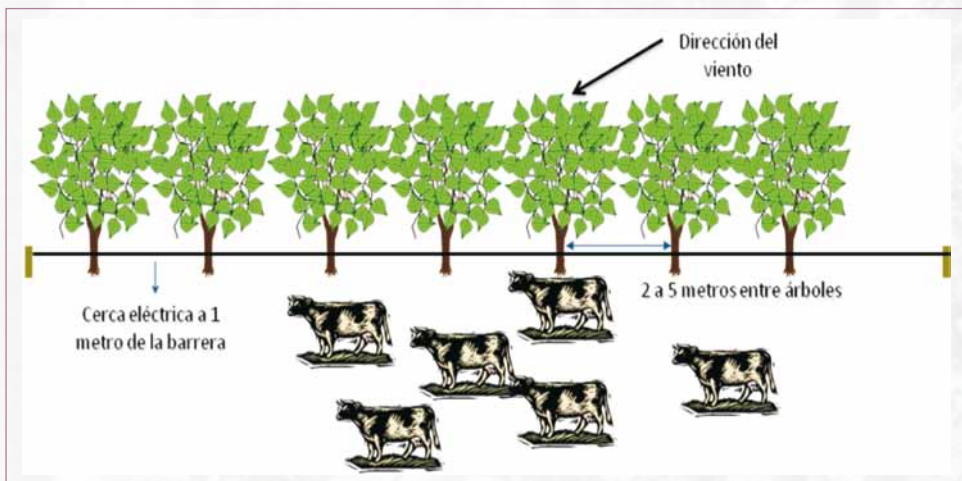


Figura 5. Esquema de un SSP'cv.

- **Distancia 2 metros:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 2 metros entre cada árbol, para un total de 50 árboles por cada 100 metros lineales de cerca.
- **Distancia 2.5 metros:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 2.5 metros entre cada árbol, para un total de 40 árboles por cada 100 metros lineales de cerca.
- **Distancia 5 metros:** En este arreglo se realiza la siembra de los árboles dejando una distancia de 5 metros entre cada árbol, para un total de 20 árboles por cada 100 metros lineales de cerca.



Figura 6. Cerca viva con *Sambucus nigra*. Finca La Dorada. Usme.



Figura 7. Cerca viva con *Alnus acuminata*. Finca California. Usme.



Figura 8.
Cerca viva
mixta aliso -
sauco. Finca
California.
Usme



Figura 9.
Cerca viva
mixta aliso -
sauco. Finca
Palo Negro.
Usme

Sistema Silvopastoril de Bancos Forrajeros (SSP'bf)

En este tipo de sistema se destaca la alta densidad de siembra del material vegetal; se describen como áreas compactas, cercanas a las instalaciones de manejo y alimentación de los animales (corrales, establos, etc.), destinadas exclusivamente a la producción de grandes volúmenes de forrajes de alta calidad para su utilización en la suplementación animal.

Su utilización puede darse bajo dos sistemas, corte o pastoreo. En el sistema de corte y picado se estimula el consumo y se reduce el desperdicio al ofrecer el forraje a los animales en los comederos [4]. En el sistema de pastoreo los animales tienen acceso directo las fuentes de forraje.

La principal desventaja de este sistema consiste en que el deshoje u ordeño manual de las ramas demanda mayor cantidad de mano de obra y se dejan de utilizar los tallos verdes como forraje.

El Sistema Silvopastoril de banco forrajero (SSP'bf), puede establecerse con distancias de siembra entre 0,25 cm y 1 metro entre árboles y un metro de distancia entre surcos para facilitar el movimiento de los operarios. Para un adecuado aprovechamiento de este sistema los árboles deben mantener una altura máxima de 2 metros, con el objeto de facilitar el corte por el parte del operario o el ramoneo por el animal.

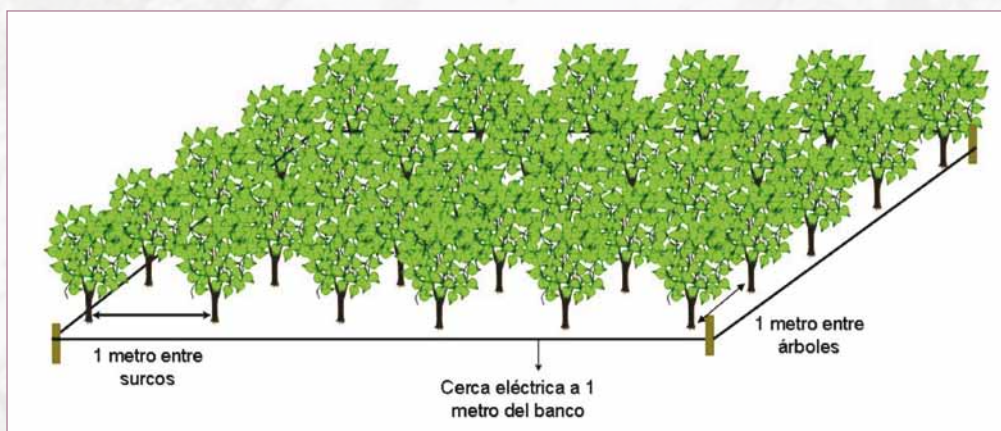


Figura 10. Esquema de un SSP'bf.

3.3 ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES

Inicialmente se realiza un proceso de concertación con los propietarios de los predios en los cuales se va a instalar cada Sistema Silvopastoril, basado en la



Figura 11. Banco forrajero establecido con *Acacia decurrens*.

socialización de las características y ventajas de los diferentes Sistemas y la descripción de las especies forestales a incluir. Adicionalmente y teniendo en cuenta los problemas de manejo de praderas que normalmente se presentan en las diferentes áreas productivas del país, especialmente relacionados con su degradación acelerada, es necesario complementar la implementación de arreglos silvopastoriles con un programa de renovación de praderas.

La tecnología de renovación de praderas propuesta por CORPOICA, es una alternativa sostenible basada en labranza vertical que permite reducir los niveles de compactación del suelo, aplicar fertilización acorde con resultados de análisis de suelos y diversificar la población de forrajes mediante intersembrado de especies gramíneas y leguminosas; gracias a esta tecnología se han obtenido incrementos importantes en los principales indicadores de productividad y calidad de praderas en explotaciones lecheras de trópico alto [39], ya que el mantenimiento de las características químicas, físicas y biológicas del suelo se traduce en un incremento del rendimiento y calidad forrajera.

Como resultado de este proceso se logran acuerdos relacionados con:

- Tipo de arreglo a instalar en cada finca.
- Extensión.

- Ubicación.
- Planificación del proceso de renovación de praderas.
- Especies gramíneas y leguminosas a establecer.
- Especies arbóreas y/o arbustivas a utilizar.

A partir de lo anterior se obtiene la información que permite determinar las cantidades totales de árboles a sembrar discriminadas por predio y tipo de arreglo silvopastoril. Acto seguido y previa selección del material vegetal en razón a sus condiciones de desarrollo y sanidad, se realiza el siguiente procedimiento:

- **Trazado.** Teniendo en cuenta las características del Sistema Silvopastoril de sombra y de acuerdo a la distribución concertada con el propietario del predio, se procede de manera directa mediante decámetro y estacas, con el propósito de trasladar al terreno de manera uniforme las distancias de siembra seleccionadas. Este sistema se emplea en áreas de poca pendiente; después de hacer la primera línea se trazan paralelas sucesivas.



Figura 12. Trazado en campo

- **Ahoyado.** Teniendo en cuenta las condiciones de compactación presentes en la mayoría de las praderas, se utilizan hoyos de 40cm de largo x 40cm de ancho x 40cm de profundidad, con repique en el fondo, para facilitar el desarrollo de la raíz. Este espacio permite la colocación del árbol, la penetración de las raíces, la captura de humedad y la inclusión de fertilizantes y correctivos.



Figura 13. Ahoyado

- **Plateo.** Es la limpieza del área circundante al árbol; se recomienda que éste tenga al menos 50 cm de diámetro, para minimizar la competencia del árbol con especies herbáceas por agua y nutrientes. Después de sembrado el árbol, el plateo debe realizarse tanto al inicio como al final de la época de lluvias y de forma manual para evitar daños en el tallo.



Figura 14. Plateo

- **Aplicación de fertilizantes y enmiendas.** Se realiza de acuerdo con los resultados de análisis de suelo efectuados con anticipación a la siembra. Se debe tener en cuenta que las recomendaciones se ofrecen en toneladas por hectárea, por lo cual debe calcularse el peso de una hectárea de suelo y luego efectuar los cálculos para determinar la cantidad de fertilizantes y enmiendas necesarias para realizar la siembra.



Figura 15. Aplicación de enmiendas y fertilizantes.

Los fertilizantes y enmiendas se mezclan y dividen en cantidades iguales y se aplican en capas intercaladas con suelo evitando que las raíces queden en contacto directo con los insumos.

El cálculo del peso de una hectárea de suelo se realiza de la siguiente manera:

$$P(ha) \text{ Kg} = 100.000 \times Pr \text{ (cm)} \times pb \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Donde:

P(ha) Kg	=	Peso de una hectárea en kilogramos
100.000	=	Constante
Pr	=	Profundidad efectiva en cm
pb	=	Densidad aparente del suelo en gr/cm ³

Luego se aplica una regla de tres en donde:

$$X = \frac{64 \text{ Kg} \times \text{Recomendación en Kg/ha}}{P(\text{ha}) \text{ Kg}}$$

Donde:

64 Kg = Peso del sustrato extraído del hoyo de 40x40x40cm
Recomendación/ha = Recomendación para 1 ha
P(ha) = Peso de una ha en kg

- **Siembra.** Al momento de la siembra los árboles deben tener una altura entre 80 cm y 1m, estar en bolsa mediana (2 a 3 kilogramos de suelo) y en lo posible rustificados³ en el área de siembra o en un sitio de similares condiciones de altura sobre el nivel del mar, precipitación y temperatura.

Inicialmente se elimina la bolsa evitando cualquier daño en las raíces o el fuste, luego se desmorona el pan de tierra y se introduce el árbol en el hoyo dejando las raíces verticales. Por último se llena el hoyo con la tierra extraída y se realiza una presión suave para eliminar bolsas de aire. El cuello de la raíz debe quedar a ras de la superficie para evitar encharcamientos o desecamiento del mismo.



Figura 16. Eliminación de la bolsa.

3 Se relaciona con la preparación que se hace al árbol previo a la época de siembra y que consiste en disminuir el riego y aumentar la cantidad de luz paulatinamente.



Figura 17. Desmoronamiento del pan de tierra.



Figura 18. Llenado del hoyo.

- **Protección.** Las principales causas de mortalidad temprana de árboles en campo son los daños causados por el viento y los animales; por esta razón, la protección del material vegetal se realiza mediante el tutoreo con varas de mínimo 2.5 m de altura, unidas al árbol por tres amarres (uno en la base, el segundo en la parte media del árbol y el último a tres cuartos de la copa) y la instalación de una cerca eléctrica a lado y lado de los árboles a una distancia no inferior a 1 metro, para evitar el ramoneo del material.

En el Trópico Alto, en donde las praderas son conformadas generalmente por pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en monocultivo o combinado con especies como Trébol rojo (*Trifolium pratense*), Trébol blanco (*Trifolium repens*) y Falsa poa (*Holcus lanatus*), el establecimiento de árboles al interior de las pasturas permite que el forraje desarrollado bajo condiciones de sombra y poco viento tienda a madurar más lentamente y por lo tanto acumule menos fibra y presente mayor digestibilidad en comparación con los forrajes que crecen en potreros sin sombra.



Figura 19. Tutorado.



Figura 20. Cerca eléctrica.



EL ALISO EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

4.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El aliso, se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

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

Subespecies y sinónimos

Para *Alnus acuminata* se reconocen tres subespecies:

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

Taxonómicamente *Alnus acuminata* es sinónimo de

Alnus arguta (Schltdl.) Spach;
Alnus acuminata var. *spachii* Regel;
Alnus ferruginea var. *aliso* Lorentz & Hieron. Ex Winckler;
Alnus jorullensis var. *acuminata* (Kunth) Kuntze;
Alnus pringlei Fernald;
Alnus acuminata H.B.K.
Alnus jorullensis H.B.K.

Alnus jorullensis H.B.K.var. *Ferruginea*
Alnus ferruginea Kunth.
Alnus mirbellii Spach.
Alnus spachii (Reg.) Call.
Betula arguta Schltdl.

Nombres comunes

Debido a su amplia distribución el aliso es reconocido con diferentes nombres, entre ellos: aile, llite, aliso, cerezo, abedul, elite, palo de águila, ilamo, palo de lamo, aul y saino.

En Colombia se le conoce como aliso y cerezo en Caldas, Quindío, Risaralda y Antioquia. Como cerezo en Nariño, Cauca y Huila, como pino aliso en Huila y abedul en Cundinamarca y Boyacá.

Figura 21. Aspecto general.



Figura 22.
Detalle del árbol.



4.2 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

Distribución

El aliso es una especie originaria de Centroamérica y América del Sur en zonas de media y alta montaña y se puede encontrar en laderas montañosas muy inclinadas con condiciones secas. Se extiende desde el noroeste de México hasta el norte de Argentina y los Andes de Perú y Bolivia. Se ha introducido con éxito en el sur de Chile y en Nueva Zelanda. En Colombia se encuentra en las Cordilleras Central y Oriental.

Hábitat

El aliso es una especie pionera que puede encontrarse entre los 2.000 y 3.100 msnm, en zonas de ladera húmeda, conformando los ecosistemas andinos conocidos como “Bosques de niebla”, que hacen parte de las zonas secas, húmedas y muy húmedas de los bosques Premontano, Montano y Montano bajo, según el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge, generalmente cerca de corrientes ó cuerpos de agua en donde conforma bosques altos abiertos ó cordones. Se desarrolla en áreas de alta nubosidad, afectadas por neblina.

Temperatura

Requiere una temperatura media anual entre 4 y 18° C, con un máximo de 27° C y una mínima de hasta -2° C. Tolera bajas temperaturas y heladas de poca duración.

Requerimientos de suelo

Su desarrollo óptimo se obtiene en suelos con pH entre 4.5 y 6.0, con alto contenido de humedad y de textura liviana, limosos, limo-arenosos, francos o franco-arenosos de origen aluvial o volcánico, profundos, bien drenados y ricos en materia orgánica.

Requerimientos hídricos

En el área de distribución natural se localiza cerca de los cursos de quebradas y arroyos, a lo largo de caminos con suficiente luz y humedad y en los flancos húmedos de las montañas. La precipitación en estos sitios fluctúa entre 1.000 y 3.000 mm y presentan entre 2 y 5 meses secos.

Tolerancias

El aliso es una especie estrictamente heliófila⁴ en sus etapas iniciales de desarrollo. Soporta relativamente bien las heladas, aunque estas retardan

4 Planta que requiere estar a pleno sol para desarrollarse satisfactoriamente.

su crecimiento. Presenta su límite inferior alrededor de los 4° C pero hay poblaciones de *Alnus* spp. que soportan temperaturas hasta de -10° C. En su desarrollo inicial es muy susceptible a daños por vientos fuertes, sequías y a la competencia por luz y nutrientes con malezas, pero mejora su tolerancia una vez se encuentre establecido. Esta especie no tolera suelos pesados, pantanosos o que presenten inundaciones parciales.

4.3 MORFOLOGÍA

El aliso es un árbol caducifolio⁵, monopódico⁶ y monoico⁷, con poda natural que alcanza hasta 30 metros de altura. Presenta copa estrecha, hojas ovadas de 6 a 15 cm de largo y 3 a 8 cm de ancho, margen agudamente biserrado, y el haz y el envés glabros⁸ en la madurez.



Figura 23. Alisal.

-
- 5 Hace referencia a los árboles o arbustos que pierden su follaje durante una parte del año, la cual coincide en la mayoría de los casos con la llegada de la época desfavorable por falta de agua o temperaturas demasiado bajas.
 - 6 Tipo de ramificación formada por un eje principal, que crece en altura por desarrollo de una sucesión de yemas terminales y ramas secundarias laterales que no aventajan ni sustituyen a la guía original, salvo traumatismo o supresión de ésta.
 - 7 Plantas que poseen flores unisexuadas, masculinas y femeninas, en el mismo individuo.
 - 8 Desprovista de pelo o vello.

Tronco

El tronco es recto, con aletones⁹ pobremente desarrollados, corteza gris clara casi blanca, lisa o ligeramente rugosa, escamosa en individuos viejos, con lenticelas¹⁰ ovaladas y amarillentas, dispuestas horizontalmente a lo largo del fuste.



Figura 24. Detalle del tronco.



Figura 25. Detalle de lenticelas.

Raíz

Presenta un sistema radical poco profundo, amplio y extendido. En la raíz se pueden observar nódulos relacionados con la simbiosis¹¹ que presenta este árbol con *Frankia alnii* (bacteria filamentosa fijadora de nitrógeno atmosférico) [29]. Gracias a esta simbiosis el aliso es capaz de colonizar suelos pobres y fertilizar los suelos donde crece, acumulando una extraordinaria cantidad de materia orgánica en un tiempo relativamente corto.

9 Prominencias que poseen muchas especies arbóreas en los metros inferiores del tronco.

10 Protuberancia del tronco y las ramas de las plantas leñosas que se ve a simple vista y se utiliza para el intercambio de gases.

11 Es la relación entre organismos de distintas especies. A los organismos involucrados se les denomina simbiosiontes.



Figura 26.
Nódulo en el
sustrato.

Figura 27.
Detalle del nódulo.



Figura 28.
Disposición de
nódulos en la raíz.

Hojas

Simple, alternas, acuminadas, ovoides ó elípticas y aserradas; con nervios secundarios rectos, densos, paralelos entre sí y oblicuos al central; haz verde oscuro brillante y envés ligeramente pardo a grisáceo.



Figura 29. Hojas.



Figura 30. Detalle yema apical.

Flores

Las inflorescencias¹² femeninas se presentan en racimos en las que se agrupan entre 3 y 4 flores. Cada flor tiene forma de cono con aproximadamente 0.1 a 0.3 centímetros de largo por 0.8 a 1.2 centímetros de diámetro. Su color varía de verde a café dependiendo del estado de maduración.



Figura 31. Inflorescencia femenina.

¹² Disposición de las flores en las ramas.



Figura 32. Inflorescencia masculina.



Figura 33. Inflorescencias femeninas y masculinas maduras.

Las inflorescencias masculinas se presentan en amentos de 5 a 10 cm. de largo y generalmente en agrupaciones de 3. El color normal es verde amarillento y caen del árbol luego de la floración.

Frutos

Se encuentran dispuestos en estróbilos¹³, con forma de cono de color verde a café según su estado de maduración. Miden entre 1.5 y 3 cm. Presentan escamas leñosas donde se encuentran las semillas.



Figura 34. Frutos.

¹³ Estructura alrededor de la cual se despliegan hojas reproductivas con una disposición generalmente helicoidal.

Semillas

La semilla del aliso se recoge de los frutos secos cortos y pardos; son diminutas, aproximadamente 4 milímetros de diámetro, de color café claro, redondeadas, aladas y aplanadas. Gran porcentaje de semilla es vana (no viable).

Debido a la dormancia¹⁴ dura presentada por estas semillas se utilizan como tratamientos pregerminativos la inmersión en agua durante 48 horas, el choque hipotérmico o la estratificación en arena húmeda por 30 a 60 días. La siembra se realiza en almácigo, al voleo y preferiblemente preparado con sustrato extraído de alisales.

La semilla puede distribuirse gracias a la gravedad, el agua y el viento. Presenta germinación epígea¹⁵, que inicia a los 5 ó 10 días luego de la siembra y se completa a los 40 días. Es una semilla ortodoxa¹⁶, pero en condiciones normales de almacenamiento el porcentaje de germinación disminuye con el tiempo, pasando del 50 a 80% después de un mes de almacenamiento a solo 10% luego de seis meses.



Figura 35. Frutos y semillas.

4.4 MANEJO EN VIVERO

Según Ospina (*et al*, 2005), para evitar la aparición de hongos patógenos por exceso de humedad, los germinadores deben ubicarse elevados sobre el suelo y en cuanto a la densidad de siembra se utiliza un (1) kilogramo de semilla por cada 40 m² de germinador.

El sustrato debe componerse de tierra cernida y arena en relación 1:3; el sustrato debe ser desinfectado mediante una mezcla de agua hirviendo y un fungicida con acción sistémica indicado para la prevención y el control

14 Período en el ciclo biológico de un organismo en el que el crecimiento y el desarrollo se suspenden temporalmente.

15 Se dice de la germinación de la semilla cuando el o los cotiledones se elevan sobre la superficie del suelo

16 La semilla mantiene su viabilidad en condiciones de almacenamiento a bajas temperaturas.

de enfermedades fungosas, a razón de 5 cc./litro/m² de germinador ó con la aplicación de formol diluido al 2%, utilizando 1 litro por m² de germinador. Con el primer método se puede realizar la siembra pasados dos días, si se utiliza formol el sustrato debe ser cubierto por cuatro días con plástico y luego debe ser removido constantemente hasta que desaparezca el olor a formol, aproximadamente 3 ó 4 días.

El transplante se realiza a una bolsa forestal cuando las plántulas tienen entre 2 y 8 centímetros. Las bolsas deben llevar una mezcla de tierra fértil y cascarilla de arroz, en proporción 4:1, cuidando siempre que las raíces estén en posición vertical.

El riego diario es fundamental y debe realizarse en las primeras horas del día o en las últimas horas de la tarde. La germinación se presenta a partir del día 12 y hasta el día 40.

El material vegetal de aliso puede mantenerse en vivero desde la germinación, aumentando así el control y seguimiento de los árboles. En este caso, luego de la siembra, germinación y paso a la bolsa forestal, cuando la planta alcanza una altura de 25 a 30 centímetros, se realiza un traspaso a bolsa mediana, cuidando que siempre el árbol mantenga excelentes condiciones físicas.



Figura 36. Eliminación de la bolsa forestal.



Figura 37. Traspaso a bolsa mediana.



Figura 38. Llenado de la bolsa.



Figura 39. Eliminación de bolsas de aire.



Figura 40. Árbol listo para rustificación.

4.5 USOS

Esta especie es ampliamente utilizada en la restauración de suelos degradados por agricultura y ganadería en áreas de ladera y en el establecimiento de Sistemas Silvopastoriles. En las márgenes de corrientes y cuerpos de agua se siembra para protección y conservación del recurso hídrico facilitando la protección de las cuencas hidrográficas.

Por su sistema radicular superficial y extendido se utiliza para la estabilización de taludes, lo que disminuye los efectos de los procesos erosivos.

El aliso, por su condición de especie caducifolia, produce gran cantidad de hojarasca rica en nitrógeno y de rápida descomposición, que se incorpora al suelo como materia orgánica mejorando la fertilidad y estructura del suelo, aumentando la porosidad y la capacidad de infiltración. En Perú el forraje verde se aprovecha como alimento para el ganado.

Su madera es empleada en la fabricación de artesanías, lápices, instrumentos musicales, mangos para herramientas, pulpa para papel, carpintería en general y como combustible (leña¹⁷ y carbón¹⁸). Al presentar buen desenrollado puede utilizarse en la elaboración de chapas para trípex, tableros contrachapados y guacales.

¹⁷ Poder calórico de la leña: 19,255 kilojulios/kg.

¹⁸ Poder calorífico del carbón: 29,218 kilojulios/kg. Según CATIE, 1986, la madera tiene un 21% de rendimiento para la fabricación de carbón.

Como productos no maderables se cuenta con tintes derivados de las hojas y la corteza.

Ya que la copa del aliso no produce sombra densa, el forraje desarrollado bajo los árboles presenta mejores características nutricionales, entre los que se puede mencionar un menor contenido de celulosa, y menor tiempo de maduración.

4.6 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Como todas las especies vegetales, el aliso es afectado por diferentes plagas. Las más comunes son:

Tabla 1. Insectos que afectan el desarrollo del aliso.

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

Durante el seguimiento realizado al desarrollo del aliso en la localidad de Usme se presentó un ataque de *Manopus biguttatus*; coleóptero de la familia Scarabaeidae, comúnmente conocido como cucarrón de mayo, el cual produjo defoliación¹⁹ de los árboles de un Sistema Silvopastoril de cercas vivas, establecido en la finca Palo Negro.

Las principales enfermedades son causadas por hongos, algunos de los cuales están relacionados al daño realizado por insectos:



Figura 41.
Ataque de *Manopus biguttatus*.



Figura 42.
Daño producido por
Manopus biguttatus.

¹⁹ Caída prematura de las hojas de los árboles y plantas, producida por diversas causas.

Tabla 2. Resumen de las Principales enfermedades del aliso

NOMBRE CIENTIFICO	ASOCIADO AL ATAQUE DE	DAÑO PRODUCIDO
<i>Fusarium solani</i>	<i>Corthylus n. sp.</i>	Manchas de color café rojizo
<i>Fusarium sp.</i>		Chancros
<i>Ceratocystis sp.</i>		Marchitamiento
<i>Melampsorium alni</i>		Manchas dispersas en la lámina foliar
<i>Phomopsis sp.</i>		Quema pardo-negruzca principalmente en hojas jóvenes y yemas apicales.

4.7 CRECIMIENTO

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

En evaluaciones realizadas durante trece (13) meses en predios de la localidad de Usme, Bogotá, D.C., se han obtenido los siguientes valores de crecimiento:

Tabla 3. Crecimiento del aliso en Usme

FACTOR	LA DORADA	EL CONDOR
Altitud (msnm)	3.150	2.950
Tipo de plantación	Cercas vivas	Cercas vivas
Altura inicial	1.11 m	1.24 m
Altura final	1.74 m	2.70 m
Incremento en altura	0.63 m	1.46 m

Teniendo en cuenta la Tabla anterior se puede asumir que a mayor altitud y menor precipitación, el crecimiento de los árboles es menor.

En la finca El Cóndor, ubicada a 2.950 msnm, con precipitación promedio de 86 mm/mes, el crecimiento total de los árboles evaluados fue de 1.46 metros en el periodo de evaluación (12 meses), mientras en la finca La Dorada, ubicada a 3.150 msnm, con precipitación promedio de 76 mm/mes el crecimiento total fue solo de 0.63 metros.

En las figuras siguientes puede observarse el crecimiento de los árboles de aliso establecidos en un SSP's en la Finca Villa Nataly, Localidad de Usme.



Figura 43.
Lote previo al establecimiento
del SSP'ss

Figura 44.
SSP's Octubre de 2005.



Figura 45.
SSP's Octubre de 2007.

Figura 46.
SSP's Octubre de 2009.





EFECTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL DE SOMBRA ESTABLECIDO CON *Alnus acuminata*

5.1 EFECTOS SOBRE EL COMPONENTE SUELO

La introducción de árboles dentro de las praderas permite el control de la erosión, el mejoramiento de las características químicas de los suelos, mayor eficiencia en la utilización del agua disponible y un incremento en la actividad microbiológica del suelo en las áreas con sombra. En estudios con aliso se han reportado cambios en el suelo como el aumento del contenido de materia orgánica y el mejoramiento en las condiciones de pH.

5.2 EFECTOS SOBRE LA PRADERA

Uno de los principales efectos de la presencia de árboles al interior de las pasturas es una mayor producción de forraje, es decir mayor cantidad de alimento para los animales.

Para evaluar los cambios en la producción de forraje por efecto de la introducción del aliso en un Sistema Silvopastoril de Sombra se han comparado, dentro de la misma finca, potreros con y sin árboles.

En la Finca Villa Nataly, ubicada en la localidad de Usme, se evaluaron dos tipos de potreros: el primero con manejo tradicional (M.T.) y el segundo con un Sistema Silvopastoril de Sombra (SSP's) en arreglo espacial de 5x10m y una edad aproximada de seis años. Cabe aclarar que los dos sistemas se manejan con cuerda eléctrica. Se encontró que la biodiversidad de la pradera del SSP's aumentó, representada por mayor biomasa de kikuyo, falsa poa y raigrás en comparación con la pradera tradicional sin árboles (Tabla 4).

Tabla 4. Composición porcentual de los sistemas con y sin árboles.

COMPONENTE	SSP's	M.T.
Maleza (%)	18,8	18,8
Kikuyo (<i>Pennisetum candestinum</i>)	40,5	67,5
Raigrás (<i>Lolium spp.</i>)	10,8	0,3
Falsa Poa (<i>Holcus lanatus</i>)	21,0	8,0
Trébol Rojo (<i>Trifolium pratense</i>)	7,8	3,5
Trébol Blanco (<i>Trifolium repens</i>)	1,0	2,0
Calificación*	2.8	2.7

* Doble rango visual en calificación de 0 a 5. Se puede multiplicar por 10 cm para obtener la altura del pasto.

Con la evaluación de las praderas mediante el Método de Doble Rango visual²⁰, se observó que la disponibilidad de forraje verde procedente del pasto es muy superior en los potreros con presencia de árboles (Tabla 5).

Tabla 5. Disponibilidad de forraje verde en los sistemas con árboles y sin árboles.

VARIABLE	SSP's	M.T.
Disponibilidad de Forraje Verde (g/m ²)	1161,2	737,1
Disponibilidad de Forraje Verde (Kg/ha)	11611,7	7371,1
Porcentaje de Forraje verde vivo (% del total FV)	72,3	58,7
Porcentaje de Forraje verde muerto (% del total FV)	27,6	41,3
Relación Forraje Vivo/muerto	2,6	1,4

La Tabla 5 muestra la disponibilidad de forraje de las praderas, en donde el sistema con árboles presenta una disponibilidad mayor de forraje verde (1.161 g/m²) frente al sistema sin arboles (737 g/m²). Al separar la totalidad del forraje verde en dos fracciones (A y B), siendo la primera (A) el forraje vivo y la segunda al material muerto (B), la proporción de forraje vivo es mayor en los potreros con presencia de árboles.

La relación entre fracción viva y fracción muerta es mayor para los potreros con presencia de arboles, mostrando mayor cantidad de fracción disponible para el consumo del animal.

Investigaciones recientes han encontrado que en sistemas de pastoreo con presencia de aliso como sombra, los potreros presentaron mayor producción y calidad de la biomasa forrajera. Adicionalmente, las mayores repuestas en producción de biomasa forrajera están asociadas al incremento en la población de hongos (17.3%), bacterias (37.6%) y micorrizas (35.29%) en el suelo.

Tabla 6. Disponibilidad de materia seca y capacidad de carga por hectárea en cada uno de los sistemas evaluados.

VARIABLE	SSP's	M.T.
Porcentaje de Materia seca	23,1	23,1
Disponibilidad de Materia seca (gr/m ²)	268,7	170,3
Disponibilidad de Materia seca (Kg/ha)	2687,0	1702,9
Disponibilidad de Materia seca material vivo (Kg/ha)	1943,9	999,5
Capacidad de carga (Animales/ha)	2,8	1,4
Capacidad de Carga (Kg peso vivo/ha)	1108	569

²⁰ Este método permite estimar el forraje disponible de forma visual mediante la selección de puntos de referencia en los que se corta, pesa y seca el forraje existente. Con los datos obtenidos se construye una ecuación lineal que sirve para estimar la disponibilidad de forraje.

La Tabla 6 presenta la disponibilidad de materia seca de los sistemas con y sin árboles. Se observa que el porcentaje de materia seca en los dos sistemas es similar, con valores promedio de 23,1%. Además, la cantidad de materia seca en gramos por metro cuadrado fue mayor en el sistema silvopastoril (268 g/m²), en comparación con el manejo tradicional (170 g/m²). En consecuencia, la disponibilidad de materia seca por hectárea fue muy superior para los potreros con presencia de árboles (2.687 Kg/ha) en comparación a los potreros sin árboles (1.702 Kg/ha).

La capacidad de carga en los potreros con árboles es superior en un 100% al pasar de 1.4 a 2.8 animales por hectárea, por efecto de la presencia de árboles en el potrero, mejorando la eficiencia biológica y económica del sistema de producción.

En terminos de kilogramos de peso vivo de animales por hectárea, por efecto de la presencia de árboles, la capacidad de carga se duplica al pasar de 569 a 1.108 kilogramos de peso vivo por hectárea.

5.3 EFECTOS EN LA CALIDAD NUTRITIVA DE LA PASTURA

La Tabla 7 compara la calidad nutritiva de las praderas cuando se introducen árboles en el sistema con la obtenida en praderas sin el recurso arbóreo. Se observa un nivel de materia seca similar entre los dos sistemas, mientras que el nivel de proteína cruda es superior en el forraje obtenido con el sistema silvopastoril, resultado que permite asumir una mayor fijación de nitrógeno en las praderas donde se encuentran árboles y un efecto benéfico de la sombra que favorece el crecimiento de los microorganismos del suelo.

Tabla 7. Comparación entre la calidad nutritiva del forraje en potreros manejados con el Sistema Silvopastoril de Sombra (SSP's) y Manejo Tradicional (M.T.).

VARIABLE	SSP's	M.T.
PC* (% MS)	14,1	11,11
MS* (%)	23,14	23,1
FDN* (%MS)	60,04	57,38
FDA* (%MS)	28,57	29,31
Hemicelulosa (%MS)	31,47	28,07
Lignina (%MS)	5,28	7,09
Celulosa (%MS)	23,18	22,11
Proteína A (% Proteína Total)	2,82	3,54
Proteína B1 (% Proteína Total)	43,06	26,35
Proteína B2 (% Proteína Total)	27,8	31,59
Proteína B3 (% Proteína Total)	20,75	28,53
Proteína C (% Proteína Total)	5,56	10
Proteína SOL (% Proteína Total)	45,88	29,88

* PC: Proteína cruda; MS: Materia seca; FDN: Fibra en detergente neutro o pared celular; FDA: Fibra en detergente ácido.

Los valores obtenidos para FDN (Figura 47) son similares; sin embargo, se presenta una tendencia de superioridad en el sistema con árboles, factor que podría reflejarse en un menor consumo voluntario.

Los valores de FDA no presentan diferencias entre los dos sistemas; no obstante, también se observa una tendencia porcentual de superioridad para esta variable en la pradera sin árboles, la cual puede afectar la digestibilidad del forraje de este sistema. De esta manera, la sombra proporcionada por los árboles puede incrementar la digestibilidad del forraje, permitiendo así una mejor asimilación de nutrientes por el animal.

Los niveles de celulosa y hemicelulosa, principales carbohidratos de la pared celular, fueron superiores en los forrajes del sistema silvopastoril, representando así un mayor nivel de energía que podría ser aprovechada por el animal.

La lignina, compuesto completamente indigestible que hace parte de la pared celular vegetal y que interfiere con el aprovechamiento de los carbohidratos presentes en esta fracción, fue inferior en los forrajes del sistema Silvopastoril. El bajo nivel de lignina, atribuido al efecto benéfico de la sombra, generalmente determina una mayor digestibilidad del forraje y en consecuencia, una mayor productividad animal.

La fracción nitrogenada A, representada por nitrógeno proteico, presenta una tendencia de superioridad en los sistemas sin árboles.

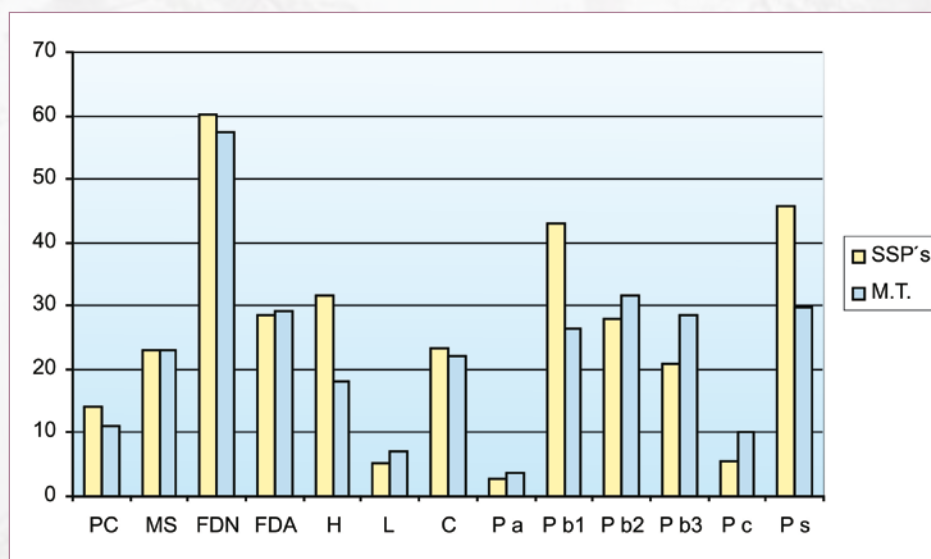


Figura 47. Composición química del forraje en la finca Villa Nataly.

Se denomina nitrógeno no proteico a todo compuesto que contiene nitrógeno sin la existencia de enlaces peptídicos, teniendo como ejemplo a nitratos, nitritos, aminas, amidas, alcaloides, urea, etc., el cual puede ser aprovechado por los rumiantes gracias a la actividad de microorganismos presentes en sus preestómagos. Sin embargo, por esa actividad microbiológica, el nitrógeno no proteico es transformado muy rápidamente a nivel ruminal en amoniaco, para utilizarse como fuente de nitrógeno en la síntesis de proteína microbiana, siempre y cuando se disponga de energía fermentable en rumen, representada por carbohidratos no fibrosos o carbohidratos no estructurales. Cuando no se dispone de esta energía, el amoniaco es absorbido muy rápidamente y transportado vía sanguínea al hígado, donde es transformado en urea, la cual en un alto porcentaje es eliminada por orina y leche, con los respectivos gastos energéticos.

De esta manera, el nitrógeno no proteico puede ser utilizado por la población microbiana; sin embargo, su alta tasa de degradación y absorción requiere la disponibilidad de fuentes energéticas rápidamente utilizables para maximizar su aprovechamiento y evitar su eliminación.

La fracción nitrogenada B1, constituida por proteína verdadera de alta tasa de degradación, es superior en el sistema silvopastoril. Al igual que el nitrógeno no proteico, esta fracción puede ser utilizada por la población microbiana del rumen siempre y cuando se disponga de la energía fermentable suficiente para que el amoniaco generado sea incorporado como proteína microbiana.

La fracción nitrogenada B2, está representada por proteína verdadera de fácil degradación y aprovechamiento por los microorganismos ruminales y por el rumiante, ya que se encuentra en el contenido celular de la célula vegetal. Esta fracción fue mayor para el forraje procedente del sistema sin árboles. Al igual que las fracciones nitrogenadas anteriores, la fracción nitrogenada B2 requiere la disponibilidad de carbohidratos de rápida fermentación en la dieta para que el amoniaco liberado durante la degradación ruminal se utilice de manera eficiente por la población microbiana.

La fracción B3, proteína verdadera de lenta degradación por estar ligada a la fibra detergente neutro, es superior en el sistema sin árboles. Por actividad de microorganismos, la liberación de amoníaco de esta fracción se realiza de manera más lenta, siendo necesario que la dieta aporte la energía con carbohidratos de lenta degradación, de manera que el nitrógeno liberado sea aprovechado de manera eficiente por los microorganismos ruminales.

La fracción nitrogenada C, fue superior en el forraje procedente del sistema sin árboles. Como esta fracción es insoluble en fibra detergente ácido y representa la fracción no disponible para los microorganismos y para los rumiantes, el

forraje producido bajo este sistema es de inferior calidad comparado con el obtenido en el sistema silvopastoril.

La solubilidad de la proteína representada por las fracciones A y B1, es mayor para el sistema silvopastoril; como se mencionó anteriormente, estas fracciones pueden ser aprovechadas por los microorganismos ruminales, siempre y cuando se disponga de energía de rápida fermentación en la dieta; de lo contrario, el amoníaco liberado es absorbido y transformado en urea, que en un elevado porcentaje será eliminado a través del riñón y de la glándula mamaria.

5.4 EFECTOS SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LA LECHE

La Tabla 8 presenta los valores de producción y calidad de leche encontrados en la Finca Villa Nataly durante la investigación, diferenciando los obtenidos en los potreros con Sistema Silvopastoril de Sombra y los potreros con Manejo Tradicional.

Tabla 8. Producción y calidad de la leche con y sin árboles (finca Villa Nataly) durante un periodo de evaluación.

VARIABLE	SSP's	M.T.
Producción de leche lt/vaca/día	14,1	14,8
Producción leche lt/ha/año*	10163,88	5081,94
Grasa (%)	1,6	2,0
Proteína (%)	3,4	3,4
Lactosa (%)	5,0	5,0
SNG* (%)	9,2	9,3
MUN** (mg/dl)	12,2	11,9

* Sólidos no grasos; ** Nitrógeno ureico en leche.

Tabla 9. Producción y calidad de leche en los potreros con y sin árboles en el primer y segundo tercio de lactancia.

VARIABLE	SSP's		M.T.		P
	1er tercio	2do tercio	1er tercio	2do tercio	
Producción (L/vaca/día)	15,5	13,0	19,3	11,1	< 0,0001
Grasa (%)	1,62	1,66	2,19	1,84	0,3338
Proteína (%)	3,40	3,47	3,48	3,49	0,408
Lactosa (%)	4,99	5,10	5,05	5,08	0,5347
SNG (%)	9,13	9,31	9,34	9,38	0,2983
MUN (mg/dl)	12,57	11,99	11,80	12,13	0,5512

Como se observa en la Tabla 9, no se presentaron diferencias entre los dos tratamientos (SSP's y M.T.) en cuanto a la producción de leche, a pesar del mejoramiento de la calidad nutritiva del forraje en el SSP's.

También muestra diferencias estadísticamente significativas entre la interacción Tratamiento (presencia o no de árboles) y Tercio de lactancia (primero y segundo), mostrando que, en general, hay una tendencia a una mejor producción de leche en los potreros sin árboles en el primer tercio de lactancia, Figura 48.

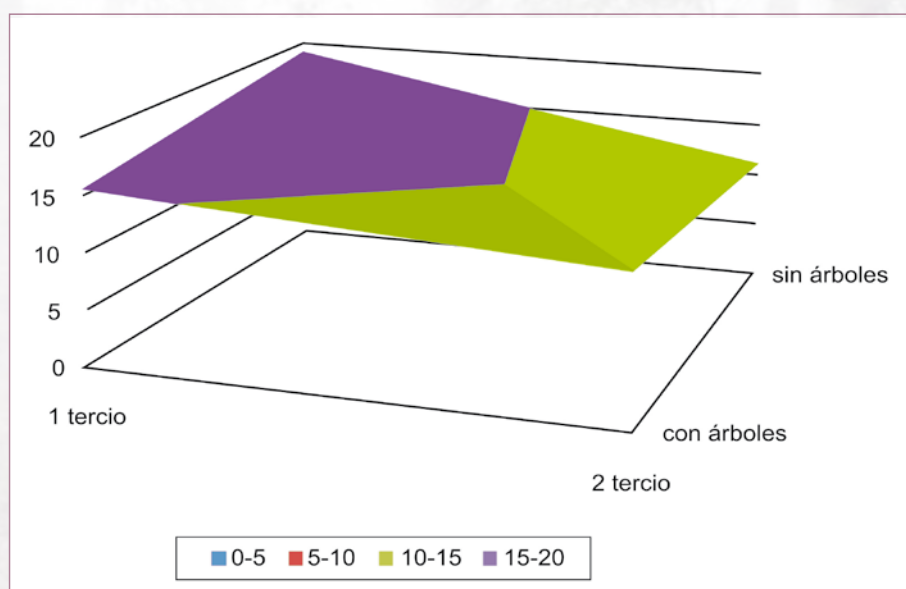


Figura 48. Efecto de la interacción tratamiento (con y sin árboles) por tercio de lactancia ($p < 0.001$).

La diferencia no es evidente al evaluar la producción por individuo, pero se encuentran efectos relevantes al comparar la producción por hectárea, debido a que el principal efecto de sistemas con árboles es el de aumentar la producción de biomasa, entendida como forraje comestible, y por ende la capacidad de carga.

Con base en lo anterior se realizó una estimación de la producción de leche/ha/año utilizando los niveles de producción de los animales de acuerdo con los resultados obtenidos en la experimentación en el SSP's y el M.T., utilizando el modelo de predicción de lactancia de Wood²¹. La producción reportada se

21 Permite obtener predicciones sobre la curva de producción láctea en las diferentes etapas de producción.

duplicó, pasando de 5.081 litros/ha/año a 10.163 litros/ha/año, lo cual significa un gran impacto en la eficiencia de uso de la tierra y la productividad de la explotación.

Tabla 10. Estimados de producción por hectárea año en SSP's y M.T.

VARIABLE	SSP's	M.T.
kilogramos de leche/ha/año	10.163,94	5.081,88
kilogramos de grasa/ha/año	162,62	101,64
kilogramos de proteína/ha/año	345,57	172,78
kilogramos de lactosa/ha/año	508,20	254,09
kilogramos de SNG*/ha/año	935,08	472,61

* SNG = Sólidos no Grasos

La Tabla 10 reporta las producciones en kilogramos por hectárea de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos; Comparando el efecto de la producción de cada una de ellas en el SSP's y el M.T., se observa un aumento significativo en todas las variables y aunque, como se observó en la Tabla 9, existe reporte de una leve superioridad del contenido de grasa en el sistema con M.T., al estimar la productividad por hectárea, se demuestra la bondad de la presencia de los árboles en el sistema, originada fundamentalmente por la disponibilidad de forraje y la producción de leche por hectárea año.

5.6 ANÁLISIS DE COSTOS EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL DE SOMBRA COMPARADO CON UN SISTEMA TRADICIONAL

Para el análisis de costos mediante el Sistema de Presupuestos Parciales, se tuvieron en cuenta las siguientes características del sistema:

- Cinco años como período de establecimiento del SSP's.
- Los efectos reales del SSP's en la pastura son evaluables a partir del quinto año del establecimiento del SSP's
- Se incluye el costo de oportunidad del dinero, como supuesto pago de intereses de un CDT al 12% efectivo anual para los cinco años.
- Se incorpora el costo real de establecimiento del Sistema Silvopastoril de sombra, avaluado en un millón quinientos mil pesos por hectárea

(\$1'500.000), incluyendo la mano de obra requerida en actividades de siembra de árboles y labores culturales durante el tiempo de establecimiento, de acuerdo con lo reportado por Umaña, 2005.

- Para el incremento en los ingresos se calculó la cantidad de leche por hectárea año (L/ha/año) al quinto año del establecimiento del SSP's.
- No se incluyeron costos adicionales por tiempo de espera ya que los árboles fueron protegidos con cerca y las pasturas fueron utilizadas durante el periodo de establecimiento de los mismos.

Tabla 11. Análisis de presupuesto parcial para los costos de un SSP's vs el sistema tradicional.

VARIABLE	UNIDAD	SSP's	M.T.	DIFERENCIA
Producción de leche	L/Ha/año	10,164	5,082	5,082
Precio litro de leche en el mercado	\$/L	810	810	0
Incremento en los costos A	\$/Ha	1,500,000	0	1,500,000
Incremento en los costos B	\$/Ha	900,000	0	900,000
Incremento en los ingresos 5 año	\$	5,832,791	4,116,323	1,716,469
Utilidad neta a partir del 6 año	\$	8,232,791	4,116,323	4,116,469



CONCLUSIONES

Por las condiciones de fertilidad, estructura y productividad de los suelos existentes en la mayoría de predios de trópico alto se requiere fomentar estrategias de explotación pecuaria que mejoren sus condiciones ambientales, económicas y sociales.

A nivel de finca es necesario el establecimiento de diferentes tipos de Sistemas Silvopastoriles que permitan la sostenibilidad ambiental de la producción en el trópico alto.

Previo al establecimiento de los diferentes tipos de Sistemas silvopastoriles es necesario realizar un análisis que permita identificar las necesidades de cada predio y con base en los resultados obtenidos seleccionar el tipo de arreglo y las especies más apropiadas para la instalación.

Debido a la alta mortalidad de árboles establecidos en potreros, relacionada con daños producidos por animales, es indispensable la instalación de cercas protectoras y tutores que eviten que especies arbóreas como el aliso y la acacia presenten daños en el tronco.

Teniendo en cuenta el rápido desarrollo del aliso, su capacidad para la fijación de nitrógeno y su demostrada influencia positiva en la calidad nutricional de las praderas, esta y otras especies de similares características, como la *Acacia decurrens*, se perfilan como componentes deseables en el establecimiento de Cercas vivas, Sistemas Silvopastoriles de Sombra y de ramoneo y Bancos forrajeros en las zonas rurales.

La inclusión del Sistema Silvopastoril de Sombra con *Alnus acuminata*, permite un aumento de la disponibilidad de materia seca por hectarea derivado de una mayor producción de forraje de alta calidad, representada en una mejor digestibilidad

El establecimiento de Sistemas Silvopastoriles de sombra permite aumentar la producción de biomasa y con ello la capacidad de carga, con lo cual se mejora la eficiencia económica, productiva y de uso de la tierra en los sistemas de explotación pecuaria del Trópico Alto.



Bibliografía

- [1] **ARGUEDAS, M. 2006.** *Diagnóstico de plagas y enfermedades forestales en Costa Rica*. II Congreso Latinoamericano IUFRO. La Serena, Chile.
- [2] **BELSKY, A.; MWONGA, S.; DUXBURY, J. 1993.** *Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas*. *Agroforestry Systems*; 24:1-20.
- [3] **BOTERO, R. 1996.** *Manejo de praderas y cobertura arbórea en ganado de doble propósito en la zona Caribe*. En: Memorias seminarios internacionales sobre sistemas silvopastoriles; Corpoica.
- [4] **BOTERO, R. 1988.** *Los árboles forrajeros como fuente de proteína para la producción animal en el trópico*. In: Memorias del Seminario-Taller sobre Sistemas Intensivos para la Producción Animal y de Energía Renovable con Recursos Tropicales. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia. Tomo I. pp 76-96.
- [5] **BOTERO, J. S.A.** Los sistemas silvopastoriles como sumideros de CO₂. EN: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127115639_Sistemas%20silvopastoriles%20sumidero%20CO2.pdf. 14 p. consulta: noviembre de 2009.
- [6] **CÁRDENAS, E. S.A.** Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/FILE_EVENTOSENTI/FILE_EVENTOSENTI10332.pdf, 20 p.; consulta: septiembre de 2009.
- [7] **CÁRDENAS, G. 1999.** *Comparación de la composición y estructura de la avifauna en diferentes sistemas de producción*. En: Memorias VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. 28-30 de Octubre. Realizado por la Fundación CIPAV y La FAO. Cali, Colombia.
- [8] **CARDENAS, E. 2000.** Sistemas de producción bovina en Colombia. En: Alzate, H. y Parra, L.G. *Medicina Veterinaria y Zootecnia en Colombia*. Trayectoria durante el siglo XX y perspectivas para el siglo XXI. EDIVEZ. Bogotá, Colombia. Pág. 563 – 576.
- [9] **CARVALHO, M.; FREITAS, V.; ALMEIDA, D., VILLACA, H. 1994.** *Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composicao mineral da forragem em patagens de Brachiaria*. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 23: 709 – 718.
- [10] **CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA – CATIE. TURRIALBA. COSTA RICA.** *Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central*. Resultados de cinco años de investigación. *Alnus acuminata*. Turrialba, CATIE, 1986. P. 49-53. (Serie Técnica. Informe Técnico N°86).
- [11] **CRESPO, G.; CASTILLO, E.; RODRIGUEZ, I. 1998.** *Estudio del reciclaje de N, P y K en dos sistemas de producción de vacunos de carne en pastoreo*. En Memorias III taller Internacional silvopastoril realizado del 23-27 de noviembre; Cuba.
- [12] **CUESTA, P. 2005.** (Compilador). *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles Interandinos*. Manual Técnico. 97p.
- [13] **FASSBENDER, H. 1993.** *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. 20. Edición. CATIE. Turrialba. Costa Rica.

- [14] **FURLOW, J. 1979.** *The systematics of American species of Alnus* (Betulaceae). Rhodora 81 (825): 1-121.
- [15] **GARCÍA, J.; MONGUE-NAJERA. J. 1995.** *Opciones al uso unilateral de plaguicidas en Costa Rica: pasado, presente, futuro.*
- [16] **GIRALDO, L. 2000.** *Sistemas silvopastoriles para la ganadería en Colombia.* Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- [17] **GÓMEZ, J.; VELÁSQUEZ, J. 1999.** *Proceso integral de recuperación y manejo de praderas, condición fundamental para el desarrollo ganadero en Caquetá.* Boletín Técnico Corpoica-Pronatta.
- [18] **GUTIÉRREZ, M. 1995.** *Agricultura para la vida.* Cali.
- [19] **HOLDRIDGE, L. 1987.** *Ecología basada en Zonas de Vida.*
- [20] **LOTERO, J. 1993.** *Producción y utilización de los pastizales de las zonas alto andinas de Colombia.* Red de pastizales Andinos. REPAAN.
- [21] **MACÍAS, J.; ARGUEDAS, M.; ZANUNCIO, J.; HILJE, L. 2002.** *Plagas forestales Neotropicales.* Publicado en *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) No. 65
- [22] **MACHÍN, T. 1991.** *Plagas y enfermedades forestales en América Central: Guía de campo.*
- [23] **MAHECHA, L.; ROSALES, M.; MOLINA, C.; MOLINA, E. 1999.** *Evaluación de un sistema silvopastoril de pasto estrella, Leucaena y Algarrobo forrajero, a través del año, en el Valle del Cauca.* En: *Memorias VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles.* 28-30 de Octubre. Realizado por la Fundación CIPAV y La FAO. Cali, Colombia.
- [24] **MAHECHA, L. 2002.** *El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina.* Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Volumen 15: 2.
- [25] **OSPINA, C.; HERNÁNDEZ, R.; GÓMEZ, D.; GODOY, J.; ARISTIZÁBAL, F.; PATIÑO, J.; MEDINA, J. 2005.** *El Aliso o Cerezo. Alnus acuminata H.B.K. ssp. Acuminata. Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana.*
- [26] **PEZO, D., IBRAHIM, M. 1998.** *Sistemas silvopastoriles.* Colección de Modelos de Enseñanza Agroforestal No. 2. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.
- [27] **RAMÍREZ, H. 1998.** *Evaluación agronómica de dos sistemas silvopastoriles integrados por pasto estrella, Leucaena y Algarrobo forrajero.* Tesis de Grado Universidad Nacional Bogotá.
- [28] **RODRÍGUEZ, F. 1985.** *Producción de biomasa de Poró gigante (E. Poeppigiana) y king grass (P. purpureum * P. thypoides) intercalados en función de la densidad de siembra y la biomasa de poda del Poró.* CATIE. Tesis Mg. Sc.
- [29] **RUSSO, R. 1990.** *Evaluating Alnus acuminata as a component in agroforestry systems.* Agroforestry Systems. 10, pp. 241252
- [30] **SADEGHIAN, S., RIVERA, J., GÓMEZ, M. 1998.** *Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia.* En: *Memorias de la conferencia electrónica sobre agroforestería para la producción animal en América Latina, realizada de abril a septiembre.* CIPAV-FAO.

- [31] **SÁNCHEZ, M. 1998.** *Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina Tropical*. En: Memorias de la conferencia electrónica sobre agroforestería para la producción animal en América Latina, realizada de abril a septiembre CIPAV-FAO.
- [32] **SCRN. 1997.** *Servicio de Conservación de Recursos Naturales*. Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EE. UU., Notas de Agroforestería. Estación de las Montañas Rocosas.
- [33] **SEMICOL. S.A.** Guía de reforestación en www.elsemillero.com. consulta: septiembre de 2009.
- [34] **UMAÑA, J; FLÓREZ, M, 2006.** Evaluación de la Adaptación, Comportamiento y Efecto en la pradera de la Acacia Negra (*Acacia Decurrens*), de la Acacia Japonesa (*Acacia Melanoxylon*) y del Aliso (*Alnus Acuminata*) como cerca viva en un sistema de producción de ganado de leche en el Trópico alto Colombiano. Trabajo de grado para optar al título de Zootecnista. Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias agropecuarias. Universidad de la Salle.
- [35] **VELAZCO, J., CAMARGO, J., ANDRADE, H., IBRAHIM, M. 1999.** Mejoramiento del suelo por *Acacia mangium* en un sistema silvopastoril con *B. humidicola*. En: Memorias VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. 28-30 de Octubre. Realizado por la Fundación CIPAV y La FAO. Cali,
- [36] **YOUNG, A. 1997.** *Agroforestry systems for soil management*. 2nd (Ed.). CAB International, New York, USA.

Terminó de imprimirse
en abril de 2010 en



Tel: 4227356

Bogotá, DC, Colombia

