

# Modelo Productivo

**Sistemas silvopastoriles** de estratos múltiples para el sistema de producción bovina doble propósito en la región Caribe de Colombia

# **Modelo productivo sistemas silvopastoriles de estratos múltiples para el sistema de producción bovina doble propósito en la región Caribe de Colombia**

**Autores:**

Yasmín Socorro Cajar Girón  
Wilson Andrés Barragán  
Danilo Portilla Pinzón  
Thomas Carvajal Bazuito

Mosquera, Corpoica, 2012

Modelo productivo sistemas silvopastoriles de estratos múltiples para el sistema de producción bovina doble propósito en la región Caribe de Colombia / Yasmín Socorro Cajas Girón [y otros tres]. – Colombia: Corpoica, [2012].

84 páginas: ilustraciones, datos numéricos  
Incluye referencias bibliográficas  
ISBN e-Book: 978-958-740-184-4

1. Ganadería 2. Producción animal 3. Gramíneas forrajeras 4. Pastoreo 5. Poda natural 6. Análisis de costos I. Cajas Girón, Yasmín Socorro II. Barragán, Wilson Andrés III. Portilla Pinzón, Danilo IV. Carvajal Bazuito, Thomas

### Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Centro de Investigación Turipaná. Kilómetro 13,  
Vía Montería-Cereté, Córdoba. Código postal:  
230550, Colombia.

Esta publicación es el resultado del convenio de cooperación 0211 de 2012 (Contrato 1781) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

**Serie:** Modelos productivos

#### Preparación editorial

Editorial Corpoica  
editorial.corpoica@corpoica.org.co

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



[https://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](https://co.creativecommons.org/?page_id=13)

**Citación sugerida:** Cajas-Girón, Y. S., Barragán-Hernández, W. A., Portilla-Pinzón, D., Carvajal-Bazuito, T. (2012). Sistemas silvopastoriles de estratos múltiples para el sistema de producción bovina doble propósito en la región Caribe de Colombia. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

**Cláusula de responsabilidad:** Corpoica no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

## Contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>Descripción del Área geográfica.....</b>	<b>12</b>
Zonas Agroecológicas .....	13
Suelos .....	13
<b>Capítulo II</b>	
<b>Importancia de los Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera de la Región Caribe.....</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo III</b>	
<b>Implicaciones de los sistemas silvopastoriles de estratos múltiples.....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo IV</b>	
<b>Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles.....</b>	<b>19</b>
Gramíneas .....	20
<i>Panicum máximum</i> cv. Mombasa. ....	20
Brachiaria brizantha - Pasto Toledo .....	21
Especies arbustivas .....	23
Leucaena leucocephala (Leucaena).....	23
Crescentia cujete (Totumo) .....	24
Guazuma ulmifolia (Guácimo).....	26
Otras especies arbóreas multipropósito.....	26
Albizia saman (Campano).....	26
<i>Cassia grandis</i> (Cañafistula) .....	27
Guazuma ulmifolia (Guácimo).....	29
Especies arbóreas para producción de madera fina.....	30
<i>Pachira quinata</i> (Ceiba tolúa o Ceiba roja) .....	30
Swietinia macrophylla (Caoba).....	31
<i>Tabebuia rosea</i> (Roble Flor Morada) .....	32
<b>Capítulo V</b>	
<b>Sistemas silvopastoriles para las sabanas de la región Caribe.....</b>	<b>34</b>
Modelos de sistemas silvopastoriles.....	34
Modelo 1: Sistema silvopastoril de estratos múltiples.....	36
Establecimiento del sistema silvopastoril.....	40
Modelo 1 de silvopastoreo .....	40
Modelo 2 de silvopastoreo .....	61
Manejo pos-establecimiento .....	63
Mantenimiento del sistema .....	63
<b>Capítulo VI</b>	

<b>Manejo del sistema</b> .....	<b>66</b>
Carga animal y capacidad de carga .....	66
Estimación de la carga animal óptima del sistema .....	67
Control de plantas arvenses en el sistema .....	70
Podas en árboles y arbustos .....	75
<b>Capítulo VII</b> .....	<b>79</b>
<b>Costos de establecimiento</b> .....	<b>79</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>80</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Zonas agroecológicas en las microrregiones objeto del presente modelo productivo. Tomado de Cajas, 2002. ....	12
<b>Figura 2.</b> Potrero en nivel severo de degradación – baja cobertura y alta proporción de suelo descubierto .....	15
<b>Figura 3.</b> Pasto Panicum maximun cv Mombasa (Pasto Mombasa) en un sistema silvopastoril de 14 años de establecido. Centro de investigación Turipaná de Corpoica. Cereté, Córdoba. ....	20
<b>Figura 4.</b> Pasto Brachiaria brizantha cv Toledo (Pasto Toledo) .....	22
<b>Figura 5.</b> Leucaena leucocephala (Leucaena) en un sistema silvopastoril. Centro de investigación Turipaná de Corpoica. Cereté, Córdoba. ....	23
<b>Figura 6.</b> Crescentia cujete (Totumo) en un sistema silvopastoril. Centro de investigación Turipaná de Corpoica. Cereté, Córdoba. ....	25
<b>Figura 7.</b> Albizia saman (Campano). (a) Morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza. ....	27
<b>Figura 8.</b> Cassia grandis (Cañafistula). (a) Morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza. ....	28
<b>Figura 9.</b> Guazuma ulmifolia (Guácimo). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza. ....	29
<b>Figura 10.</b> Pachira quinata (Ceiba roja). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza. ....	30
<b>Figura 11.</b> Sweitinia macrophylla (Caoba). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza. ....	32
<b>Figura 12.</b> Tabebuia rosea (Roble Flor Morada). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza.....	33
<b>Figura 13.</b> Distancia de siembra entre especies leñosas en el Modelo 1 de sistemas silvopastoriles de estratos múltiples. Una distancia de siembra de 4 m entre plantas y 4 m entre hileras genera una cuadrícula, en donde la intersección es el sitio de siembra de cada especie leñosa.....	36
<b>Figura 14.</b> Esquema de recambio y distancias de siembra para componentes arbustivo y arbóreo en el modelo silvopastoril de estratos múltiples número 1. ....	37
<b>Figura 15.</b> Modelo 2: Sistema Silvopastoril de Estratos Múltiples con densidades medias de Leucaena y Totumo .....	39
<b>Figura 16.</b> Métodos de producción de plántulas. <b>1.</b> Producción en dos pasos con siembra de semilla en germinador y trasplante en bolsa para establecimiento en campo a raíz desnuda. <b>2 y 3.</b> Producción en dos pasos con siembra en germinador y trasplante a eras para establecimiento en campo a raíz desnuda o por pseudoestaca. <b>4.</b> Producción en un paso con siembra en germinador y	

establecimiento en campo a raíz desnuda o por pseudoestaca. <b>5.</b> Producción en un paso con siembra en bolsas y establecimiento en campo a raíz desnuda.....	41
<b>Figura 17.</b> Tipos de producción de plántulas en vivero. Izquierda, producción de plántulas en bolsas plásticas. Centro, producción de plántulas en eras. Derecha, producción de plántulas en bandejas tipo cubeta. ....	42
<b>Figura 18.</b> Bandejas tipo cubeta .....	43
<b>Figura 19.</b> Dimensiones y esquema de establecimiento y siembra de plántulas en eras. La ampliación muestra la distancia de siembra entre las plántulas .....	45
<b>Figura 20.</b> Elaboración de eras. Izquierda, Germinación de plántulas en eras delimitadas con orillos de madera. ....	46
<b>Figura 21.</b> Ingredientes requeridos para la elaboración del sustrato para producción de plántulas en vivero .....	46
<b>Figura 22.</b> Proceso de extracción de la plántula de las bolsas. a y b. extracción de la plántula de la bolsa sin alterar el sustrato o las raíces. c. Siembra en campo en hoyo, el cual debe ser de 35 cm de profundidad y 15 cm de diámetro. ....	50
<b>Figura 23.</b> Cortamaleza de alce hidráulico de tres puntos. Tomado de Polanco (2007). ....	52
<b>Figura 24.</b> Rastra pesada en funcionamiento.....	53
<b>Figura 25.</b> Cíncel rígido en funcionamiento .....	53
<b>Figura 26.</b> Rastrillo pulidor .....	54
<b>Figura 27.</b> Trazado de lote para siembra de sistemas silvopastoriles. ....	55
<b>Figura 28.</b> Línea de siembra con la inclusión de especies arbustivas y arbóreas. ....	56
<b>Figura 29.</b> Calibración de la maquina sembradora. Derecha, botón de seguridad para calibrar la máquina. Izquierda, 1. Tuerca de seguridad. 2. Implemento para graduación de la sembradora. ....	58
<b>Figura 30.</b> Uso de la boleadora y su amplitud de acción. ....	59
<b>Figura 31.</b> Esquematización de las guías de siembra con balizas. ....	60
<b>Figura 32.</b> Proceso de calibración de la máquina y el operario.....	61
<b>Figura 33.</b> Ploteo químico de Ceiba (Pachira quinata). Uso de protectores que impiden el contacto del herbicida con las plántulas.....	65
<b>Figura 34.</b> Principales especies de arvenses de hoja ancha que pueden proliferar en un sistema silvopastoril.....	73
<b>Figura 35.</b> Principales especies arvenses gramíneas que pueden proliferar en un sistema silvopastoril.....	73
<b>Figura 36.</b> Principales especies arvenses ciperáceas que pueden proliferar en un sistema silvopastoril.....	74

**Figura 37.** Poda en “bisel” a aplicar para un arbusto forrajero. El corte debe hacerse de abajo hacia arriba con una herramienta bien afilada. .... 76

**Figura 38.** Podas de **a.** adelgazamiento de la copa y **b.** elevación de la copa. Las líneas rojas muestran los puntos de corte y las ramas en gris son las consideradas para la poda. Adaptado de Bedker et al. (2012)..... 77

**Figura 39.** **a.** lugares de corte para ramas vivas y muertas. La línea punteada muestra el corte **b.** Método de tres pasos para corte de ramas gruesas. Adaptado de Bedker et al. (2012) ..... 78

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Especies vegetales empleadas en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples en la región Caribe. ....	19
<b>Tabla 2.</b> Parámetros nutricionales de Panicum máximum Cv Mombasa manejada en un sistema silvopastoril de estratos múltiples .....	21
<b>Tabla 3.</b> Parámetros nutricionales de Brachiaria brizantha cv. Toledo manejado en un sistema silvopastoril de estratos múltiples.....	22
<b>Tabla 4.</b> Parámetros nutricionales de Leucaena leucocephala bajo sistemas silvopastoriles. ....	24
<b>Tabla 5.</b> Parámetros nutricionales de Crescentia cujete (Totumo) bajo sistemas silvopastoriles. ....	25
<b>Tabla 6.</b> Parámetros nutricionales de Guazuma ulmifolia bajo sistemas silvopastoriles. ....	26
<b>Tabla 7.</b> Descripción de densidad de siembra y sitios por hectárea en un sistema silvopastoril de estratos múltiples. ....	38
<b>Tabla 8.</b> Descripción de distancia de siembra y sitios por hectárea en un sistema silvopastoril de estratos múltiples. ....	39
<b>Tabla 9.</b> Número de sitios requeridos en el vivero para la producción de plántulas según la cantidad de arbustos a establecer en 1 hectárea del modelo 1 de silvopastoreo.....	44
<b>Tabla 10.</b> Sitios totales en vivero y tamaño de las eras de siembra para sistema de siembra a raíz desnuda e en vivero. ....	44
<b>Tabla 11.</b> Número de semilla por kilo de semillas de diferentes especies leñosas en el modelo silvopastoril de estratos múltiples .....	47
<b>Tabla 12.</b> Semilla requerida para la producción de plántulas según el número de sitios y la cantidad de semilla por sitio en vivero requeridos para el establecimiento de 1 ha del modelo 1 de Silvopastoreo. ....	47
<b>Tabla 13.</b> Estimación de la cantidad de semilla de pasto Toledo.....	57
<b>Tabla 14.</b> Semilla requerida por metro lineal de la franja de arbustos considerada en el modelo 2 de silvopastoreo. ....	62
<b>Tabla 15.</b> Semilla de arbustos requerida para el establecimiento de 1 ha del modelo 2 de silvopastoreo. ....	62
<b>Tabla 16.</b> Semilla de árboles requerida para el establecimiento de 1 ha del modelo 2 de silvopastoreo. ....	63
<b>Tabla 17.</b> Equivalencias de 1 UGG a número de animales para el silvopastoreo. ....	70
<b>Tabla 18.</b> Costos de establecimiento para una hectárea del modelo silvopastoril 1 .....	79
<b>Tabla 19.</b> Costos de establecimiento para una hectárea del modelo silvopastoril 2. ....	79

## Introducción

La degradación de tierras en áreas secas contribuye a la desertificación de una ¼ parte de las tierras del planeta, lo que a su vez repercute en el sustento alimenticio de más de 1000 millones de habitantes en 100 países como resultado de la disminución de la productividad agrícola y ganadera (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Por otra parte, la degradación de complejo suelos/pasturas es un problema que está avanzando rápidamente en América Latina, con impactos negativos acompañado de en la producción agropecuaria de extensas áreas. A pesar de la magnitud de la degradación de suelos/pasturas, es un problema que tiende a ser ignorado por entes del sector gubernamental y por gremios que aglutinan a productores. La degradación de suelo/pasturas en sistemas pecuarios es causada principalmente por variaciones climáticas y actividades humanas tales como deforestación, sobrepastoreo, y prácticas de labranza inadecuadas (Holmann *et al.*, 2004). Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente la degradación de tierras en áreas secas contribuye a la desertificación de una ¼ parte de las tierras del planeta, lo que a su vez repercute en el sustento alimenticio de más de 1000 millones de habitantes en 100 países como resultado de la disminución de la productividad agrícola y ganadera.

La producción ganadera es una de las formas de uso de la tierra más frecuentes en países de Latinoamérica, siendo Colombia el país con el porcentaje más alto en área de pasturas con relación al total utilizado en actividades agropecuarias (FAOSTAT, 2004). En la región Caribe al igual que en el contexto nacional, la ganadería es el sistema de producción más importante. En esta región la ganadería ocupa el 69% del territorio, y el hato ganadero representa el 35% de hato nacional, con aportes del orden de 40% al volumen nacional de leche fresca y 30% a la producción total de carne (Pulido *et al.*, 2002). Sin embargo, a pesar de la importancia que representa este renglón productivo en la economía nacional, el sector primario enfrenta serios limitantes que influyen en su competitividad y sostenibilidad dado muy bajos indicadores productivos.

El sistema ganadero doble propósito (leche y carne) predomina en la región Caribe y al igual que en el resto de regiones tropicales, la estacionalidad de la producción es una característica dominante, que se acentúa como consecuencia del mal manejo del suelo/pasturas que es la base fundamental del sistema ganadero, dado que la los pastos son la principal fuente de alimento del ganado. La región Caribe se caracteriza por un régimen de lluvias variable entre años y dentro años. Estas

variaciones en precipitación conducen a grandes variaciones en la producción y calidad de forrajes en pasturas. La estacionalidad de la producción de forrajes más el mal manejo del complejo suelo/pastos, resulta en una producción variable de leche y carne. Se estima que entre los meses de menor y mayor producción hay una diferencia en producción de carne y leche del orden del 50%, lo cual determina una oferta variable de producto al mercado con el consiguiente efecto negativo en el flujo de caja y rentabilidad de las fincas.

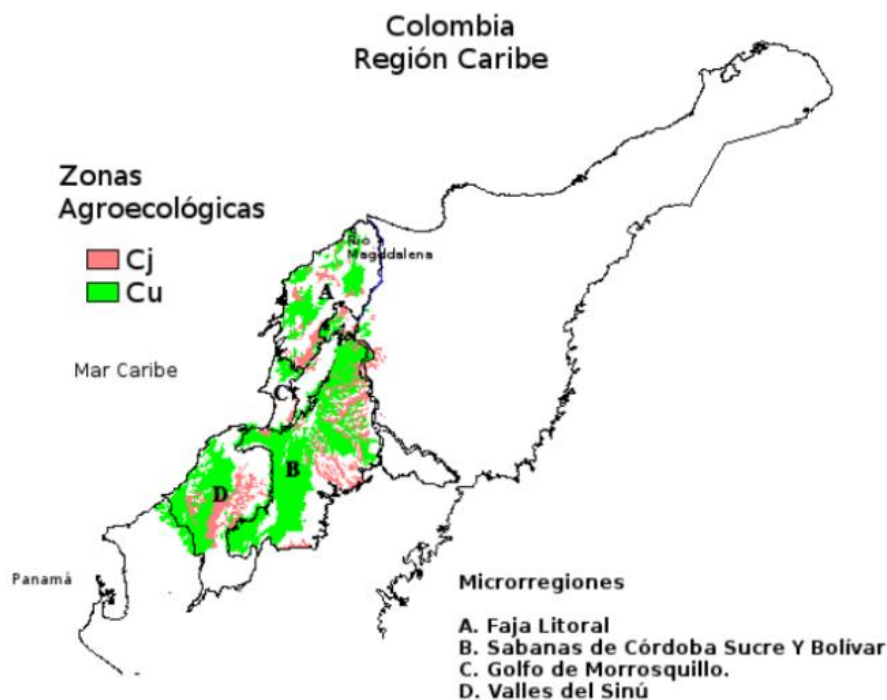
La mayoría de las fincas ganaderas en la región Caribe tienen áreas de suelos/pasturas en diferentes estados de degradación que varían desde niveles leves a severos y que se reflejan en baja capacidad de carga de los potreros ( $< 1 \text{ animal ha}^{-1}$ ) y baja producción por animal ( $200\text{-}300 \text{ g animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ; 3 a 4 l vaca  $^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) (Cajas-Girón *et al.*, 2011). La baja capacidad productiva de suelos/pasturas degradados en fincas ganaderas no solo disminuye los ingresos de los productores y la calidad y cantidad de la oferta de carne/leche de la región, sino también el precio de la tierra.

Los sistemas silvopastoriles son ampliamente reconocidos como un sistema sostenible del uso de la tierra dedicada a actividades ganaderas. En la literatura se encuentra evidencia que asocia a los sistemas silvopastoriles con diversificación de ingresos (Mead, 1995), con mejoras en el suelo (Young, 1997), y con un enorme potencial para proveer alimento para el ganado en áreas donde la mayor limitante de la producción animal es la baja disponibilidad y calidad del forraje en pasturas en los períodos secos (Gutteridge and Shelton, 1994; Rosales and Gill, 1997). El presente documento resume los principios más relevantes y las etapas que se recomienda seguir para el establecimiento de sistemas silvopastoriles como alternativa de recuperación de suelos/pasturas degradadas en fincas ganaderas de la región Caribe Colombiana.

## Capítulo I

### Descripción del Área geográfica

Los modelos silvopastoriles que se presentan en este documento están basados en el trabajo de investigación focalizado en la región Caribe de Colombia que incluyó los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar y Atlántico, en dos zonas agroecológicas (Cu y Cj), de acuerdo con la clasificación del IGAC – CORPOICA (Figura 1) (Pulido et al., 2002)



**Figura 1.** Zonas agroecológicas en las microrregiones objeto del presente modelo productivo. Tomado de Cajas, 2002.

La región Caribe se encuentra localizada en la parte norte de Colombia entre los 76° 23' y 74° 41' de longitud oeste y entre los 11° 4' y 7° 47' y está conformada por siete departamentos en su parte continental (La Guajira, Magdalena, Atlántico, Cesar, Córdoba, Sucre y Bolívar), y uno en su parte insular (San Andrés y Providencia), los cuales representan el 11.6% de los 1'141.748 Km<sup>2</sup> que comprende el total del territorio nacional. (Pulido, 2002).

La zona Caribe se caracteriza por tener un clima que varía de húmedo a sub-húmedo tropical, con una temperatura media de 28°C y humedad relativa de entre 70 y 80%. La precipitación que oscila entre 100 y 200 mm mensuales ocurre entre abril y noviembre. En la zona existen 7 áreas agro-físicas: 1 y 2) árida y semiárida de planicies marinas salinas y mal drenadas, 3) sub-húmeda de planicies aluviales bien drenadas, 4 y 5) húmeda y sub-húmeda de colinas bien drenadas, 6) húmeda de planicies aluviales bien drenadas y 7) planicies inundables (Pulido, 1999).

## Zonas Agroecológicas

En la región Caribe predominan dos zonas agroecológicas:

**Cj:** llanuras aluviales derivadas de materiales sedimentarios, con suelos con niveles de fertilidad medios a altos y que son por lo general bien drenados y con pendientes de menos de 7%. Los cultivos que pueden ser plantados en estas zonas son: algodón, maíz, sorgo, ajonjolí, yuca y frutales. Los terrenos en esta zona agroecológica son adecuados para el cultivo de pastos.

**Cu:** llanuras del Caribe con un relieve quebrado y con pendientes de hasta un 25%. Son zonas con suelos formados a partir de materiales sedimentarios y que son poco desarrollados. Los suelos varían de poco profundos a moderadamente profundos, bien drenados, con moderada fertilidad y susceptibles a la erosión. La mayoría de estas áreas cubiertas por sabanas o pastos cultivados se usan en sistemas de pastoreo extensivo. Los suelos presentan deficiencias de fósforo, potasio, cobre y cobalto y en algunos casos altos niveles de sodio y otras sales. La mayor parte de los suelos son acrisoles y luvisoles que por sus características son más apropiados para la ganadería extensiva que para cultivos.

## Suelos

Pese a que en la región Caribe predominan planicies, la región presenta diferencias en sus paisajes que originan diversos tipos de suelos. En general la parte norte de la región, como producto de la alta evapotranspiración y baja precipitación, presenta suelos con una alta saturación de bases, pH neutro o alcalino, con procesos de salinización, sodización y calcificación (IGAC, 1997, Cortés, 1988, citados por Malagón, 2003). De igual manera la rápida mineralización que propicia la elevada temperatura y un aporte reducido de material vegetal, conducen a bajos contenidos de materia orgánica. En contraste, en el sur de la región, con menos

evapotranspiración que en la región norte, existan principalmente suelos ácidos o ligeramente ácidos con moderada saturación de bases y mayores contenidos de materia orgánica. (Cortés, 1982, Pulido et al., 1999).

Las zonas ganaderas de la región Caribe se encuentran afectadas por serios problemas de degradación biofísica de los suelos. El principal limitante de la degradación física de los suelos es compactación. En la región los indicadores con los cuales se determina el grado de compactación del suelo se encuentran por encima de los rangos que limitan el desarrollo de las raíces de las especies vegetales (valores de resistencia mecánica a la penetración superiores a 1.5 MPa y densidades aparentes por encima de 1.5 g cm<sup>-1</sup>) Adicionalmente, la proporción de microporos es mayor que la de macro y mesoporos del suelo, por lo tanto el agua del suelo no está disponible para el crecimiento y desarrollo de gramíneas y leguminosas herbáceas (Cajas-Girón et al., 2011). Los suelos de las dos principales zonas agroecológicas de la región Caribe son bajos en materia orgánica y deficientes en nitrógeno, fósforo y potasio (IGAC, 1986). Debido a la degradación física, la micro y macro fauna del suelo es baja, encontrándose poca diversidad y abundancia (Cajas-Girón et al., 2011).

## Capítulo II

# Importancia de los Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera de la Región Caribe

Como se indicó anteriormente, uno de los factores principales que contribuyen a la baja eficiencia biológica y económica de los sistemas de producción ganadera en la región Caribe es la degradación de suelos/pasturas (Figura 2). Esta degradación es el resultado de la falta de aplicación de tecnologías apropiadas y conocidas, que conduce a una producción ganadera no sostenible e ineficiente. La tecnología disponible para mejorar la producción ganadera en fincas con potreros degradados incluye el uso de labranza apropiada para descompactar suelos, el establecimiento de pastos mejorados, fertilización, y prácticas mejoradas de manejo del pastoreo incluyendo el control de malezas. Una limitación para la adopción de estas tecnologías es que no siempre existen estímulos económicos o facilidades de crédito (Serrão y Toledo 1992).



**Figura 2.** Potrero en nivel severo de degradación – baja cobertura y alta proporción de suelo descubierto

Las gramíneas tropicales tienen un alto potencial de producción de biomasa. Sin embargo, la producción y calidad nutricional de gramíneas varían en función de la especie, época del año y manejo (fertilización y sistema de pastoreo). Por otra parte, se ha documentado en muchos estudios que la productividad de las pasturas tropicales basadas en gramíneas se puede mejorar significativamente mediante la introducción de arbustos y árboles con contenidos de nutrientes en el follaje más altos que en las gramíneas tropicales (Cajas-Girón et al., 2011; De Leeuw y Chara, 1985; Aletor et al 1994). Las especies de arbustos y árboles de ramoneo son de mucha utilidad en las épocas secas del año cuando se disminuye la cantidad y se reduce la calidad de los componentes herbáceos de la pastura (Aletor, 1994). Esto se debe a que muchas especies leñosas son perennes y mantienen una alta oferta de biomasa comestible (hojas, tallos finos y vainas) en la época seca (Cajas-Girón y Sinclair, 2001).

Resultados de estudios recientes muestran que la introducción de plantas leñosas en potreros aumenta la rentabilidad económica y la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas y contribuye al medio ambiente. La introducción de arbustos y árboles en potreros también ofrece forraje (hojas y frutos), sombra y madera, todo lo cual contribuye a mejorar producción de carne y leche y por ende al aumento de los ingresos de la finca. Además, los arbustos y árboles en potreros contribuyen al control de la erosión, reciclaje de nutrientes y mantenimiento de la fertilidad del suelo, conservación de agua, fijación de nitrógeno, y control biológico de malezas y enfermedades (Mahecha, 2002; Cannell, 1985; Young, 1997; Belsky, 1994).

Existen reportes en la literatura que ilustran cómo las hojas y frutos de árboles y arbustos proporcionan valioso alimento para los animales en sistemas de pastoreo (Robinson, 1985). Adicionalmente, los arbustos y árboles son parte integral en muchos paisajes (Mckell, 1980). En América Latina, las especies de *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Prosopis juliflora*, *Calliandra calothyrsus*, *Albizia saman*, *Crescentia cujete* y *Guazuma ulmifolia*, entre otras, constituyen la única fuente de forraje y leña disponible en muchas zonas áridas y semi-áridas (Altiere, 1995; Escalante, 1995; Cajas-Girón y Sinclair, 2001).

A pesar de las ventajas de los arbustos y árboles, su introducción en sistemas ganaderos, especialmente en los países en desarrollo, a menudo se ve obstaculizada por el temor de que la inclusión de árboles en potreros reduce los rendimientos de los pastos (Belsky et al. 1993). Aunque en algunos estudios se ha encontrado que la sombra de árboles en potreros sí reduce la producción de

gramíneas (Somarriba 1988; Jackson et al 1990), otros estudios reportan aumentos en la productividad del componente herbáceo (Mahecha, 2003; Radwanski y Wickens, 1967; Wilson et al, 1986; Belsky et al. 1989 y Belsky et al. 1993). Los efectos benéficos o negativos de arbustos y árboles en la vegetación herbácea dependen en gran medida de la tolerancia a la sombra de gramíneas utilizadas (Belsky et al. 1993) y de su densidad en el potrero. Con densidades bajas de árboles se puede aumentar la producción de biomasa herbácea de la pastura debido a mejoras de la fertilidad del suelo y a mejor balance hídrico de las plantas que crecen debajo de los árboles. Con densidades altas de árboles se puede reducir la productividad de biomasa herbácea debido a la competencia por nutrientes, luz, y agua (Belsky y Amundson, 1992).

Los pastos son un componente valioso de los sistemas silvopastoriles y su integración con arbustos y árboles en potreros requiere un buen entendimiento de las interacciones entre la vegetación leñosa y la herbácea y de las interacciones de los componentes de la vegetación con el suelo/agua y con animales (Sharrow, 1998).

## **Capítulo III**

# **Implicaciones de los sistemas silvopastoriles de estratos múltiples**

Los beneficios obtenidos con la introducción de árboles en sistemas agropecuarios han sido ampliamente documentados (Belsky, 1992; 1994; Young, 1997; Sánchez, 1995; Cameron et al, 1995; Gutteridge, 1995). Sin embargo, la literatura sobre sistemas silvopastoriles basados en una combinación de especies de arbustos y árboles de diferente estructura es escasa. Se sabe que la combinación de especies de arbustos y árboles con vegetación herbácea puede contribuir a reducir las pérdidas de nutrientes por lixiviación y maximizar la extracción de nutrientes del suelo en comparación con sistemas basados en monocultivos, mejorando así la productividad primaria neta del sistema (Young, 1997). Por otra parte, el establecimiento de sistemas silvopastoriles que combinen diferentes especies de arbustos y árboles pueden incrementar los recursos alimenticios para la producción animal.

## Capítulo IV

### Especies vegetales útiles para sistemas silvopastoriles

Los modelos silvopastoriles que se describen en esta sección se caracterizan por incluir varios estratos vegetales en el potrero. El estrato inferior está constituido por especies herbáceas (gramíneas y superior del sistema). En la Tabla 1 se incluyen las principales especies arbóreas empleadas en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples en la región Caribe.

**Tabla 1.** Especies vegetales empleadas en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples en la región Caribe.

Estrato vegetal	Especie	Nombre común o Cultivar	Funciones
<b>Inferior (herbáceo)</b>	<i>Panicum maximum</i>	Mombasa	Forraje para alimentación animal. Aporte de energía a la dieta.
	<i>Brachiaria brizantha</i>	Pasto Toledo	
	<i>Brachiaria decumbens</i>	Pasto decumbens	
<b>Medio (arbustivo)</b>	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Forraje como suplemento proteico a la dieta del animal. Fijación de N mediante simbiosis y aporte de nutrientes al suelo por descomposición de la hojarasca.
	<i>Crescentia cujete</i>	Totumo	Follaje como suplemento alimenticio rico en proteína
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	
<b>Superior (arbóreo)</b>	<i>Albizia saman</i>	Campano	Sombra para los animales: reducción de estrés calórico. Generación de microclima: reducción de la pérdida de humedad del suelo. Aporte de frutos para consumo animal, fijación de N, aporte de nutrientes al suelo por descomposición de la hojarasca, hábitat de fauna silvestre, secuestro de carbono
	<i>Cassia grandis</i>	Cañafístula	
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	
<b>Maderable (arbóreo)</b>	<i>Pachira quinata</i>	Ceiba roja	Madera fina para usos comerciales o autoconsumo. Barrera rompe-vientos, aporte de nutrientes al suelo por descomposición de la hojarasca, secuestro de carbono
	<i>Tabebuia rosea</i>	Roble morado	
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	
	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	

Las principales características y atributos de las especies herbáceas y leñosas utilizadas en los sistemas silvopastoriles de estratos múltiples que se han evaluado en la región Caribe se describen a continuación.

## Gramíneas

### ***Panicum máximum* cv. Mombasa.**

Gramínea perenne de crecimiento erecto (tipo macolla). Se adapta a zonas con alturas desde el nivel del mar hasta los 1.800 m.s.n.m. y con una precipitación anual superior a 800 mm. Tiene hojas anchas y largas, su inflorescencia es una espiga abierta con ramificaciones laterales (Figura 3). Este cultivar requiere un buen aporte de nutrientes, por tal motivo se recomienda su uso en suelos de mediana a alta fertilidad. Tolera sombra, pero no encharcamiento y puede llegar a tolerar periodos prolongados de sequía debido a un sistema radicular bien desarrollado (Estrada, 2002).



**Figura 3.** Pasto *Panicum maximum* cv Mombasa (Pasto Mombasa) en un sistema silvopastoril de 14 años de establecido. Centro de investigación Turipaná de Corpoica. Cereté, Córdoba.

Bajo condiciones naturales y en suelos relativamente fértiles este cultivar puede llegar a producir 12 toneladas de forraje en base seca (MS) al año (Estrada, 2002). En los sistemas silvopastoriles de estratos múltiples desarrollados en el centro de investigación Turipaná de CORPOICA (Cereté, Córdoba), la producción promedio de forraje para este cultivar a lo largo de 4 años ha sido de 1.500 kg de MS por mes sin fertilización nitrogenada, lo cual equivale a una producción anual de 18

toneladas de forraje en base seca (Cajas-Girón *et al.*, 2011). Respecto al valor nutricional de Mombasa, se ha encontrado que bajo condiciones de sombrero moderado el contenido de proteína cruda tiende a incrementarse en comparación con su nivel de proteína en potreros sin cobertura arbórea (Cajas-Girón *et al.*, 2011). En la Tabla 2 se presentan los principales parámetros nutricionales de Mombasa manejada bajo sistemas silvopastoriles de estratos múltiples desarrollados en el centro de investigación Turipaná de CORPOICA (Microrregión Valle del Sinú, Córdoba) (Cajas-Girón, 2002).

**Tabla 2.** Parámetros nutricionales de *Panicum maximum* Cv Mombasa manejada en un sistema silvopastoril de estratos múltiples

Época	Parámetros Nutricionales (%)			
	PC	FDN	FDA	DIVMS
<b>Periodo Seco</b>	10,6	80,2	42,3	54,4
<b>Periodo Lluvioso</b>	15,3	78,2	45,3	57,6

Fuente: Cajas-Girón *et al.*, 2011. PC: Proteína Cruda FDN: Fibra en Detergente Neutro. FDA: Fibra en Detergente Acido. DIVMS: Digestibilidad in vitro de la Materia Seca.

Para establecer una hectárea de pasto Mombasa se utilizan de 7 a 10 kg de semilla seleccionada y certificada. El pasto Mombasa también se puede establecer a través de semilla vegetativa, cosechando hijuelos de las macollas más grandes y vigorosas y resembrándolas. No obstante, este método implica un incremento en la mano de obra y por consiguiente costos de establecimiento más altos que con semilla sexual.

### **Brachiaria brizantha - Pasto Toledo**

El pasto Toledo es una gramínea perenne de porte erecto (macollas) con hojas de forma lanceolada con poca pubescencia que alcanzan hasta 60 cm de longitud y 2.5 cm de ancho (Figura 4) Este cultivar está adaptado a zonas con altitudes desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm y con un promedio de lluvia anual superior a 800 mm. Aunque crece bien en suelos ácidos de baja fertilidad, su mejor desempeño se ha observado en localidades con suelos de mediana a alta fertilidad en donde presenta una muy alta tasa de crecimiento que determina que se deba pastorear frecuentemente para evitar sobre maduración. Tolera suelos arenosos y persiste en suelos mal drenados por periodos cortos de tiempo. El pasto Toledo es tolerante a la sombra (Lascano *et al.*, 2002). Puede alcanzar producciones de forraje en base seca de entre 25.2 y 33.2 toneladas al año con cortes cada 2 meses (CIAT, 2001). Sin embargo, en suelos ácidos de baja fertilidad y bien drenados su

producción se reduce, llegando a producir tan solo 1,7 t de MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en época seca y 7 t de MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en época lluviosa (Lascano *et al.*, 2002).



**Figura 4.** Pasto *Brachiaria brizantha* cv Toledo (Pasto Toledo)

En los departamentos de Sucre y Córdoba, Cajas-Girón *et al.*, (2009) encontraron que el pasto Toledo tenía una producción promedio de forraje en base seca de 2.000 kg ha<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup> durante la época de lluvias y de 1.700 kg ha<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup> durante la época seca. El valor nutricional del pasto Toledo es similar al de otras gramíneas tropicales. Es así como se ha reportado que en el pasto Toledo el nivel de proteína cruda varía entre 7 a 8,5% a los 42 días de rebrote (Argel *et al.*, 2000, Rincón *et al.*, 2002, Pardo, Rincón y Hess, 1999, Fernández *et al.*, 1991 citados por Castillo *et al.*, 2008). En el piedemonte llanero, Castillo *et al.*, (2008) encontraron valores de FDN, FDA y de degradabilidad de 55,8%, 29,8% y 69,6% en forraje con 48 días de rebrote, respectivamente.

En la Tabla 3 se muestran los principales parámetros nutricionales del pasto Toledo en pasturas rehabilitadas en la región Caribe de Colombia.

**Tabla 3.** Parámetros nutricionales de *Brachiaria brizantha* cv. Toledo manejado en un sistema silvopastoril de estratos múltiples

Departamento	Época	Parámetros Nutricionales (%)			
		PC	FDN	FDA	DIVMS
Córdoba	Periodo Lluvioso	8,6	76,7	39,5	66,7
	Periodo Seco	10,3	78,1	35,2	66,5
Sucre	Periodo Lluvioso	8,3	76,9	39,3	64,2
	Periodo Seco	8,9	76,6	38,3	65,6

Fuente: Cajas-Girón *et al.*, 2009. PC: Proteína Cruda FDN: Fibra en Detergente Neutro. FDA: Fibra en Detergente Acido. DIVMS: Digestibilidad in vitro de la Materia Seca.

## Especies arbustivas

### **Leucaena leucocephala (Leucaena)**

Es una especie arbórea perenne de rápido crecimiento perteneciente a la familia de las leguminosas y que presenta una copa ligeramente abierta y rala. Las hojas son alternas, bipinadas, de 10 a 20 cm de largo, con 4 a 9 pares de pinas y con una glándula al final del último par de pinas. Los frutos son vainas de 2 cm de ancho y hasta 20 cm de largo, de color verde en estados iniciales y tienden a tornarse café en estado maduro, usualmente contienen de 15 a 20 semillas. Las semillas son ligeramente elípticas, de 3 a 4 mm de ancho, de color café brillante. Posee un tallo flexible lo cual reduce el riesgo de fracturas cuando se somete a ramoneo (Figura 5). (Orwa *et al.*, 2009)



**Figura 5.** *Leucaena leucocephala* (*Leucaena*) en un sistema silvopastoril. Centro de investigación Turipaná de Corpoica. Cereté, Córdoba.

La *Leucaena* crece bien en zonas con altitudes desde el nivel del mar hasta 900 m.s.n.m., con una temperatura entre 22 y 30 °C y una precipitación anual entre 750 mm y 1800 mm (CATIE, 1991). Requiere suelos de mediana a alta fertilidad con pH entre 5.5 y 8.0, pero no tolera suelos muy ácidos (pH < 5) con niveles altos de Al (> 60% de saturación de Al). El grado de tolerancia de *Leucaena* a la sombra y al encharcamiento es limitado; sin embargo, es resistente a la sequía, aunque se defolia en épocas secas muy prolongadas. (Parrota, 1992)

La *Leucaena* se caracteriza por tener un follaje alto en proteína y digestibilidad. En sistemas silvopastoriles se han llegado a encontrar valores de PC de 29 a 31% en época lluviosa y época seca, respectivamente (Cajas-Girón et al., 2006).

En la Tabla 4 se resumen los principales parámetros nutricionales de *Leucaena* manejada bajo un arreglo silvopastoril en la microrregión Valle del Sinú (Cajas-Girón, 2002; Cajas-Girón et al., 2011).

**Tabla 4.** Parámetros nutricionales de *Leucaena leucocephala* bajo sistemas silvopastoriles.

Época	Parámetros Nutricionales (%)			
	PC	FDN	FDA	DIVMS
<b>Periodo Seco</b>	29,7	46,5	15,1	68,2
<b>Periodo Lluvioso</b>	31,4	57,7	24,7	65,9

Fuente: Cajas-Girón et al., 2011. PC: Proteína Cruda. FDN: Fibra en Detergente Neutro. FDA: Fibra en Detergente Acido. DIVMS: Digestibilidad in vitro de la Materia Seca.

### **Crescentia cujete (Totumo)**

El Totumo es un árbol perteneciente a la familia *Bignoniaceae* y adaptado a zonas con altitudes desde el nivel del mar hasta los 1500 metros de elevación.

El Totumo es de porte pequeño a mediano, normalmente de 10 m de altura o menos, con troncos gruesos que puede llegar a tener diámetros de hasta 35 cm y ramas extendidas; las hojas están agrupadas en los nodos, tienen forma oblanceolada<sup>1</sup> y miden aproximadamente 15 cm de largo (Figura 6).

<sup>1</sup> Dícese de la hoja más larga que ancha con forma de lanza, es decir, estrechamente elípticos y acabados en punta en ambos extremos.



**Figura 6.** Crescentia cujete (Totumo) en un sistema silvopastoril. Centro de investigación Turipaná de Corpoica. Cereté, Córdoba.

Las flores del Totumo miden de 5 a 6 cm de largo y son de color amarillento con venas rojizas. Los frutos son muy variables en tamaño y forma, pudiendo llegar a tener hasta 30 cm de diámetro. Son de cascara dura, lisa y lustrosa en cuyo interior se encuentra la pulpa y las semillas.

Los frutos del Totumo son muy importantes a lo largo de América Central y del Sur, donde se han utilizado desde la antigüedad para diversos fines (utensilios de cocina, instrumentos musicales y artesanías). La madera es de color marrón claro o marrón amarillento (Cajas-Girón, 2002; Cordero y Boshier, 2003). Su follaje aporta un adecuado nivel de proteína cruda a la dieta de los animales (Tabla 5).

**Tabla 5.** Parámetros nutricionales de Crescentia cujete (Totumo) bajo sistemas silvopastoriles.

Época	Parámetros Nutricionales (%)			
	PC	FDN	FDA	DIVMS
<b>Periodo Seco</b>	14,6	64,2	49,6	49,6
<b>Periodo Lluvioso</b>	18,5	62,3	55,2	54,0

Fuente: Cajas-Girón et al., 2011. PC: Proteína Cruda. FDN: Fibra en Detergente Neutro. FDA: Fibra en Detergente Acido. DIVMS: Digestibilidad in vitro de la Materia Seca.

## Guazuma ulmifolia (Guácimo)

El Guácimo es un árbol de la familia *Sterculiaceae* de porte pequeño a mediano que puede alcanzar hasta 15 m de altura con un diámetro hasta de 50 cm. Una descripción detallada de la especie se presenta en la sección de este documento que describe las especies arbóreas multipropósito. En sistemas silvopastoriles el Guácimo puede ser utilizado como especie arbustiva para ramoneo, ya que se ha reportado que sus hojas tienen un contenido alto de proteína cruda (13 a 17%). (Tabla 6). Tanto el follaje como los frutos son consumidos por bovinos, caballos, cabras y cerdos, y son fuente importante de alimento durante la estación seca. (Cordero y Boshier, 2003).

**Tabla 6.** Parámetros nutricionales de *Guazuma ulmifolia* bajo sistemas silvopastoriles.

Época	Parámetros Nutricionales (%)			
	PC	FDN	FDA	DRMS
<b>Periodo Seco</b>	10,4	42,98	48,84	---
<b>Periodo Lluvioso</b>	18,3	45,88	41,71	94

Fuente: Botero et al., 1995 citado por Giraldo, 2003. PC: Proteína Cruda. FDN: Fibra en Detergente Neutro. FDA: Fibra en Detergente Acido. DRMS: Degradabilidad ruminal In Situ de la MS.

## Otras especies arbóreas multipropósito

### *Albizia saman* (Campano)

El Campano es un árbol de la familia de las leguminosas, subfamilia *Mimosaceae*, que puede alcanzar alturas entre 25 m y 30 m. Generalmente el Campano presenta un tronco recto, cilíndrico, corto y grueso que se ramifica a poca altura para formar una copa amplia y extendida. La corteza es de color pardo, fisurada con placas finas y listones corchosos de textura áspera. Las hojas son alternas, compuestas, bipinadas, con glándulas en el raquis y entre los folíolos; folíolos opuestos, inequilateros y rómbicos. Las flores del Campano son de color blanco rosado, con estambres numerosos y largos, dispuestos en umbelas axilares o terminales (Figura 7). El fruto es una legumbre de color oscuro de 8 a 20 cm de largo que contiene semillas cubiertas con una pulpa de sabor dulce y comestible. (Orwa et al., 2009).

El Campano se adapta y crece bien en ecosistemas desde el nivel del mar hasta los 1.200 m de elevación, con precipitación anual entre 600 y 2.000 mm y una temperatura promedio entre 20 °C y 38 °C (Cordero y Boshier, 2003; Orwa et al., 2009).



**Figura 7.** Albizia saman (Campano). (a) Morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza.

Las vainas del Campano son un importante suplemento alimenticio para el ganado durante la estación seca ya que contiene una pulpa dulce y nutritiva, altamente digestible y palatable para bovinos, cabras y cerdos (Cordero y Boshier, 2003).

**Propagación:** Mediante semillas extraídas de vainas de coloración café oscuro, las cuales se cosechan del árbol y se secan a la sombra sobre una malla durante un día. Cuando las vainas están secas se trituran para separar las semillas, las cuales se lavan con agua fresca y se secan al sol durante 3 a 4 horas. Es necesario introducir las semillas en agua hirviendo durante 2 minutos y luego pasarlas por agua fría durante 12 horas. Es recomendable sembrar las semillas en bolsas de 10 x 20 cm y después de la germinación mantenerlas durante 3 semanas bajo sombra parcial. Después de 4 semanas de sembrada la semilla se pueden obtener plántulas de 20 a 30 cm de altura.

### ***Cassia grandis* (Cañafistula)**

La Cañafistula es un árbol de la familia de las leguminosas (*Fabaceae*) de porte mediano que alcanza una altura entre 10 y 20 m y con 45 y 80 cm de diámetro a la altura del pecho. Posee un tronco cilíndrico que ramifica a media altura para producir una copa irregular, redondeada o esparcida con ramas algo colgantes. La corteza es gruesa y lisa, de color gris parduzco. Las hojas miden unos 50 cm de

largo y son compuestas, alternas, con un número par de hojuelas (8 y 20 pares) grandes y redondeadas, de 2 a 5 cm de largo (Figura 8) (Cordero y Boshier, 2003). La cañafístula tiene flores rosadas, grandes y vistosas, y vainas rojizas, marrones o negras. Las semillas de este árbol están recubiertas por una pulpa azucarada de color café. (Cordero y Boshier, 2003).



**Figura 8.** *Cassia grandis* (Cañafístula). (a) Morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza.

Esta leguminosa se desarrolla en zonas ubicadas entre 0 y 600 m.s.n.m., una precipitación anual media de 1.000 a 3.200 mm y temperatura entre 22 y 26 °C. (Orwa *et al.*, 2009, La Cañafístula dentro de un sistema silvopastoril brinda sombrío al ganado e incorpora nitrógeno atmosférico al suelo. Además, las vainas que caen al suelo son consumidas por el ganado, aportando nutrientes adicionales a los obtenidos del forraje de las gramíneas y especies arbustivas incluidas en el sistema.

**Propagación:** Las vainas que presenten un color oscuro se pueden recolectar y poner a secar al sol durante dos días para posteriormente extraer las semillas al romper la vaina mediante un golpe. Las semillas se remojan en agua durante 2 o 3 días, se lavan y se secan. Antes de sembrarlas es necesario escarificarlas, lijándolas hasta que la semilla pierda el brillo y luego se sumergen en agua durante 24 horas. La germinación completa se da en 35 a 50 días. El tiempo requerido en

vivero es de al menos 4 meses cuando las plantas alcanzan una altura entre 20 y 25 cm. (Cordero y Boshier, 2003).

### Guazuma ulmifolia (Guácimo)

El Guácimo es un árbol de la familia *Sterculiaceae*, de porte pequeño a mediano que puede alcanzar hasta 15 m de altura con un diámetro hasta de 50 cm y de copa redonda y extendida. Su tronco es torcido y ramificado, con hojas simples, alternas, ovaladas a lanceoladas. Sus flores pequeñas y amarillas se agrupan en panículas en la base de las hojas (Figura 9). Sus frutos son cápsulas verrugosas y elípticas, negras cuando están maduras, con numerosas semillas pequeñas y duras. El Guácimo crece bien en zonas cálidas con temperaturas promedios de 24°C, de 700 a 1.500 mm de precipitación al año y desde el nivel del mar hasta 1.200 msnm. Se da en suelos de texturas livianas y pesadas, con buen drenaje, no pedregosos y pH superior a 5,5 (Silvoenergía, 1986).



**Figura 9.** Guazuma ulmifolia (Guácimo). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza.

**Propagación:** los frutos secos para obtener semilla se pueden recolectar del árbol o seleccionar de los que hayan caído al suelo y estén sanos. Los frutos se maceran para extraer la semilla, la cual se lava y se seca. Es necesario tratar la semilla para retirar una capa mucilaginosa y favorecer su germinación. Para ello se recomienda sumergir las semillas en agua a 80 °C durante 1 o 2 minutos y después dejarlas

en agua fresca durante 24 horas. Finalmente se lavan a mano para eliminar la capa de mucílago. En un kilogramo de semilla pueden encontrarse alrededor de 150.000 semillas. La semilla se puede sembrar en arena esterilizada y el periodo de germinación puede durar entre 6 y 12 días. Las plantas sembradas en bolsas se pueden llevar a campo cuando alcancen 30 a 40 cm, generalmente en un periodo de 14 a 16 semanas bajo condiciones de vivero (Cordero y Boshier, 2003).

## Especies arbóreas para producción de madera fina *Pachira quinata* (Ceiba tolúa o Ceiba roja)

La Ceiba roja es una especie arbórea caducifolia que puede alcanzar de 35 a 40 metros de altura y entre 1 y 3 m de diámetro en condiciones naturales. Se caracteriza por tener la corteza cubierta con espinas gruesas y desiguales. Sus hojas se agrupan de a 5 simulando una mano (Figura 10).



**Figura 10.** *Pachira quinata* (Ceiba roja). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza.

Sus flores miden de 8 a 14 cm de largo con 5 pétalos blanco/rosados por dentro y verde/pardo por fuera, las cuales aparecen después de la pérdida de las hojas del árbol al inicio de la época seca y son polinizadas por murciélagos. El fruto es una cápsula de 2 a 15 cm de largo por 3 cm de ancho generalmente de forma elipsoidal

y de color amarillento que madura entre 35 a 50 días. Contienen de 30 a 50 semillas por fruto envueltas en una lana blanca. (Cordero y Boshier, 2003).

La Ceiba roja se desarrolla y crece bien en zonas que van desde el nivel del mar hasta los 900 m de elevación, con precipitaciones anuales desde 800 mm a 3000 mm y una temperatura media entre 20 y 30 °C (Cordero y Boshier, 2003; Kane et al., 1993 citado por Cajas-Girón, 2002). La ceiba roja tiene varios usos y su madera es muy apreciada para la construcción y la fabricación de muebles. Debido a que es de fácil propagación vegetativa, se utiliza como postes para cercas vivas y en potreros para brindar sombra al ganado.

**Propagación:** cuando el fruto encapsulado presenta una coloración café y se torna duro es el momento indicado para su recolección y obtención de semilla. Las capsulas se secan bajo sombra y se abren manualmente. Las semillas germinan entre 8 y 35 días después de sembradas y aproximadamente entre los 6 y los 12 meses las plantas pueden llegar a un estado óptimo para la siembra en campo.

### **Swietinia macrophylla (Caoba)**

La Caoba es un árbol no deciduo que puede alcanzar de 30 a 45 m de altura y de 2 a 4 m de diámetro. Produce un fuste largo y recto, cilíndrico, libre de ramas en los primeros 12 a 18 m. Cuando joven el árbol tiene una corteza de color gris y lisa y marrón oscura acanalada y escamosa cuando maduro. Sus hojas son compuestas, de 16 a 40 cm de largo, alternadas y agrupadas al final de las ramillas. Las flores son pequeñas, con cinco pétalos blanco amarillentos, agrupadas en inflorescencias axilares. Son unisexuales y el árbol es monoico (Figura 11). Los frutos son cápsulas leñosas, erectas, de 12 a 22 cm de largo por 6 a 10 cm de ancho. Cuando las capsulas maduran y se secan las 4 a 5 valvas del fruto se abren desde la base. Las semillas quedan entonces expuestas y colgando por las alas en el centro del fruto. Cada fruto contiene de 35 a 45 semillas aladas (Cordero y Boshier, 2003; Orwa et al., 2009).

La Caoba se adapta bien a zonas con una altitud que va desde el nivel del mar hasta los 600 m.s.n.m. (aunque puede llegar a crecer hasta los 1500 m.s.n.m.), con una precipitación anual entre 1600 y 2500 mm y una temperatura promedio de 22 a 28 °C. (Orwa et al., 2009). Su madera es fácil de trabajar, y se obtienen muebles de excelentes acabados. El duramen es resistente a la pudrición marrón y blanca y tiene resistencia moderada a termitas. (Cordero y Boshier, 2003). Se utiliza para la construcción de muebles de alta calidad paneles de instrumentos

musicales, interiores de barcos y pianos. La Caoba es una de las especies arbóreas de mayor importancia económica que crece en América Latina (Morris et al., 2000 citado por Cajas-Girón, 2002).



**Figura 11.** *Sweitinia macrophylla* (Caoba). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza.

**Propagación:** las capsulas tienden a tornarse de color café cuando están casi maduras y es en este punto donde se recomienda recolectarlas para su secado durante 5 días. Posteriormente se ponen durante 4 horas diarias bajo el sol por 3 días. Las semillas se pueden sembrar en eras o bolsas bajo sombra moderada, a 2 o 3 cm de profundidad con el lado del ala hacia arriba. La germinación se da de 10 a 20 días después de la siembra. Cuando brotan las primeras hojas se puede hacer un trasplante a una bolsa más grande (15 por 20 cm) y las plántulas se pueden llevar a campo a los 4 meses de edad con una altura de 30 a 50 cm.

### ***Tabebuia rosea* (Roble Flor Morada)**

El Roble de flor morada es un árbol caducifolio que crece hasta 25 m de altura y 70 cm de diámetro (Borcher y Tomlinson, 1984 citado por Cajas-Girón, 2002). Tiene una copa ancha, que puede ser cónica o irregular con follaje abierto. La corteza es gris oscuro, escamosa con fisuras verticales. Las hojas opuestas forman grupos de 5 (Figura 12). La flor es rosada/morada hasta casi blanca, puede llegar

a medir hasta 8 cm de larga y es hermafrodita. Los frutos son vainas cilíndricas alargadas que pueden contener entre 240 y 300 semillas planas aladas.

El Roble Flor Morado se adapta bien a zonas que van desde el nivel del mar hasta los 1300 m.s.n.m., con precipitaciones anuales entre 1200 y 2500 mm y una temperatura promedio entre 19 y 27 °C (Orwa *et al.*, 2009). La madera es fácil de trabajar con herramientas manuales y tiene un acabado y lustre atractivo. Es usada extensivamente para muebles, construcción liviana, botes, equipo deportivo, pisos, y chapados. (Cordero y Boshier, 2003).



**Figura 12.** Tabebuia rosea (Roble Flor Morada). (a) morfología del árbol. (b1) forma de las hojas y (b2) de la corteza.

**Propagación:** las vainas recolectadas tanto del árbol como del suelo se secan bajo sombra durante 3 días hasta que abran y las semillas se secan al sol durante 4 horas. Se recomienda sumergir la semilla en agua fresca durante 12 horas. La semilla después de plantarla en bolsas puede llegar a germinar en un periodo de 14 a 21 días y las plántulas se pueden llevar a campo cuando alcanzan aproximadamente 60 cm de altura, a una edad de 3 a 4 meses. (Cordero y Boshier, 2003).

## Capítulo V

# Sistemas silvopastoriles para las sabanas de la región Caribe

Para el establecimiento de un sistema silvopastoril se deben tener en cuenta tres etapas:

- *Diseño del sistema silvopastoril*: Esta etapa comprende el arreglo espacial de las especies a establecer (gramínea, leguminosas herbáceas, arbustos y árboles) describiendo en cada caso las distancias y densidades de siembra por hectárea.
- *Producción de plántulas*: En esta etapa se construye el vivero, se producen las plántulas de especies arbustivas y arbóreas y se ponen en práctica los cuidados básicos para una producción de plántulas vigorosas para el trasplante definitivo a campo.
- *Siembra y resiembra de especies arbóreas*: Esta etapa comprende el trasplante de las plántulas a campo y la siembra del componente herbáceo. Adicionalmente, en esta fase se realiza la evaluación de la siembra y se determina si es necesaria una resiembra para mantener las densidades prefijadas en el modelo o arreglo seleccionado.

Se considera que el establecimiento de las especies herbáceas y leñosas es una fase crítica y fundamental que garantiza el éxito y sostenibilidad del sistema silvopastoril. La manera como se establecen las plantas, las interacciones entre los componentes (suelo-pasto-árbol) y sus usos potenciales, definen la forma como deben ser espaciadas y establecidas las especies vegetales por unidad de área.

## Modelos de sistemas silvopastoriles

Los modelos de sistemas silvopastoriles descritos en este documento se caracterizan por combinar diferentes estratos vegetales con el objetivo de maximizar la producción animal mitigando el impacto ambiental del sistema ganadero. A continuación, se presenta una descripción de cada estrato vegetal.

El estrato herbáceo en un sistema silvopastoril se refiere a la comunidad de plantas herbáceas (no leñosas) que se encuentra a nivel del suelo y son la base de la dieta de los animales en pastoreo. Este estrato está compuesto principalmente por gramíneas (pastos) y leguminosas de tipo herbáceo. Las especies a emplear en

este estrato deben cumplir con características como la tolerancia de niveles moderados de sombrío sin afectar la cantidad de forraje que producen, el aporte de nutrientes para la mejora de la dieta de los animales y en general el desempeño agronómico bajo una comunidad vegetal compleja. Se ha encontrado que la calidad del pasto que crece bajo un nivel de sombrío moderado tiende a presentar un contenido de proteína mayor que el pasto que crece a pleno sol.

La producción de forraje en época seca no se reduce drásticamente gracias a que la cobertura arbórea genera un microclima que disminuye la pérdida acelerada de humedad del suelo. Además, el pasto se ve favorecido cuando se incluyen especies leñosas con capacidad de simbiosis con microorganismos del suelo que fijen el N atmosférico haciéndolo disponible para la nutrición vegetal. (Cajas-Girón, 2011; Cajas-Girón *et al.*, 2007).

El estrato arbustivo o estrato medio en un sistema silvopastoril está compuesto por especies vegetales leñosas mantenidas a una altura adecuada para el ramoneo de su follaje. El objetivo principal para la inclusión de arbustos en los potreros es garantizar un aporte adicional de forraje verde con un alto contenido de proteína cruda al ganado bovino, particularmente en época seca, cuando la producción de forraje en el estrato herbáceo (pasturas) tiende a reducirse a causa del estrés hídrico.

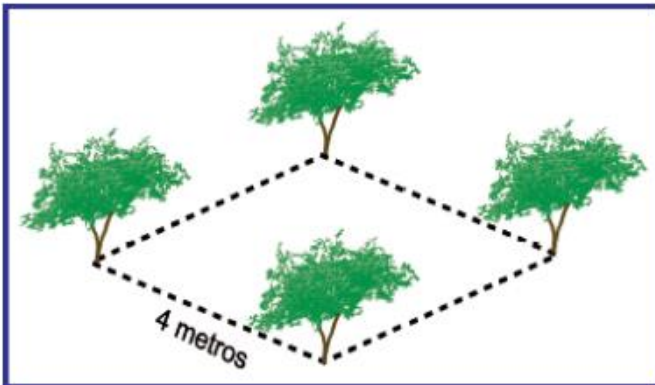
El estrato arbóreo en un sistema silvopastoril puede clasificarse en dos grupos dependiendo de la altura que pueden llegar a alcanzar los árboles a lo largo del tiempo. En primer lugar, un estrato arbóreo medio-alto constituido por especies que pueden llegar a medir entre 15 y 25 metros de altura. El Campano, el Guácimo y la Cañafistula son representantes de este grupo. Estos árboles producen frutos durante la época seca, que, junto al follaje verde provisto por los arbustos, constituyen un suplemento a la dieta del animal en pastoreo. Se distribuyen organizadamente dentro de los potreros a distancias en las cuales se garantiza un sombrío moderado sin afectar drásticamente el ingreso de luz a los estratos vegetales inferiores (ej. pasto). Por otro lado, un estrato arbóreo alto constituido por especies que pueden llegar a alcanzar alturas mayores a 25 metros.

Estos árboles son destinados a la producción de madera fina para usos comerciales o autoconsumo. Especies como la Ceiba roja, el roble flor morada y la caoba conforman este estrato. Las funciones comunes para todos los árboles en los SSP son: brindar un ambiente confortable a los animales que pastorean bajo su sombra, reducción de la pérdida de humedad del suelo, aporte de nutrientes al suelo por

descomposición de la hojarasca, hábitat de fauna silvestre y captura de carbono. Finalmente, el diseño de un sistema silvopastoril debe incluir la esquematización espacial de las especies y las densidades de siembra definidas.

### Modelo 1: Sistema silvopastoril de estratos múltiples

El modelo silvopastoril de estratos múltiples número 1 está compuesto por especies herbáceas (gramíneas) y especies arbustivas y arbóreas distribuidas uniformemente dentro de la pastura. La distancia de siembra entre plantas leñosas (arbustos y árboles) es de 4 m por 4 m, lo cual genera una cuadrícula dentro del potrero (Figura 13). Este arreglo permite que el animal alterne las actividades de pastoreo y de ramoneo fácilmente.



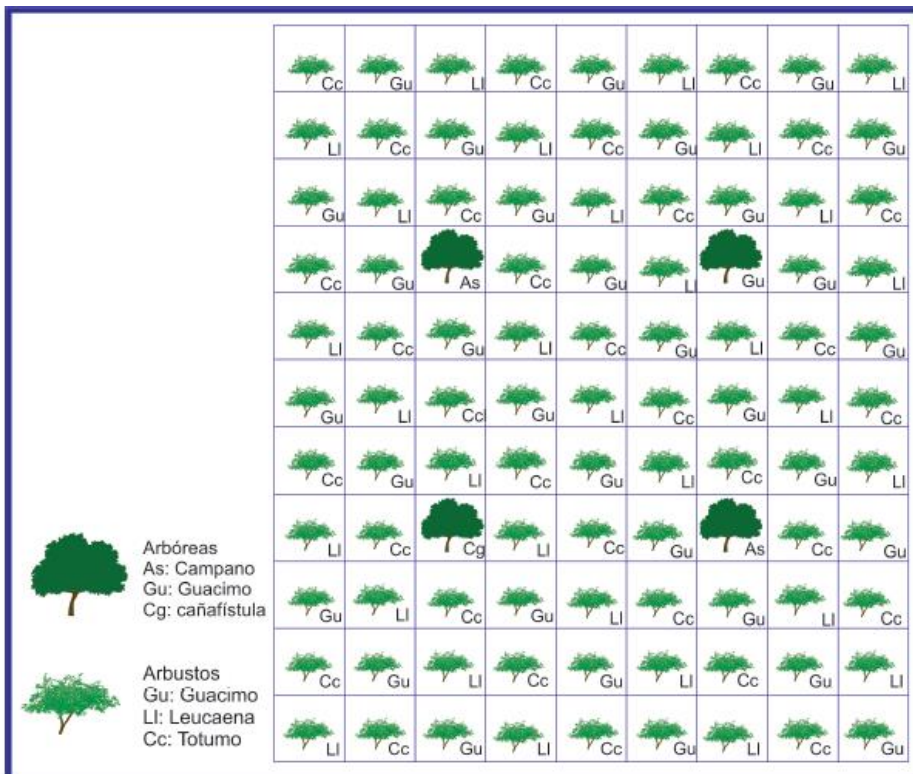
**Figura 13.** Distancia de siembra entre especies leñosas en el Modelo 1 de sistemas silvopastoriles de estratos múltiples. Distancia de siembra de 4 m entre plantas y 4 m entre hileras genera una cuadrícula, en donde la intersección es el sitio de siembra de cada especie leñosa.

El estrato arbustivo está compuesto por plantas de Totumo, Leucaena y Guácimo espaciadas a 4 m una de la otra y son mantenidas a una altura máxima de 1.5 m para favorecer el ramoneo. Los arboles multipropósito como el Campano, Cañafistula y Guácimo se encuentran sembrados a 16 m uno del otro. De esta manera conociendo las distancias de siembra, se puede estimar la cantidad de sitios necesarios a plantar en una hectárea, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Número de sitios} = \frac{10000 \text{ metros}^2}{\text{Distancia entre plantas en una hilera} \times \text{Distancia entre hileras}}$$

Empleando la ecuación anterior tenemos que el modelo 1 requiere 625 sitios ha<sup>-1</sup> para plantar todas las especies leñosas. Ahora es necesario calcular el número de

sitios correspondiente a cada estrato (arbustivo y arbóreo) y posteriormente el número de sitios que ocupa determinada especie en cada estrato (ej. Totumo, Leucaena y Guácimo). Para la inclusión de los árboles se emplea el concepto de sustitución de especies. De esta manera cada 16 m se destina un sitio de siembra para una especie arbórea, lo cual indica que después de cada 3 sitios de siembra para un arbusto le sigue un sitio de siembra de una especie arbórea y así sucesivamente a lo largo de la hilera (Figura 14).



**Figura 14.** Esquema de recambio y distancias de siembra para componentes arbustivo y arbóreo en el modelo silvopastoril de estratos múltiples número 1.

Con base en el modelo descrito y las dimensiones de siembra, en la Tabla 7 se presenta la distancia de siembra y el número de sitios que se deben establecer con especies leñosas.

El número de árboles necesarios para establecer una hectárea de SSP se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Número de sitios para especies arbóreas} = \frac{10.000 \text{ metros}^2}{16 \text{ m} \times 16 \text{ m}} = 39 \text{ sitios de siembra}$$

En resumen, de los 625 sitios por hectárea se sustituyen 39 sitios con especies arbóreas, y los restantes 586 sitios son destinados para las especies arbustivas. Además, como cada estrato está compuesto por tres especies, los sitios deben ser divididos entre 3 para obtener el número de sitios por especie, esto es:

586 sitios de siembra para arbustivas/3 especies arbustivas = 195 sitios por cada especie arbustiva en una hectárea del arreglo SSP 1.

Al igual sucede con los sitios para las especies arbóreas, 39 sitios por hectárea/3 especies arbóreas = 13 sitios por cada especie arbórea por ha.

**Tabla 7.** Descripción de densidad de siembra y sitios por hectárea en un sistema silvopastoril de estratos múltiples.

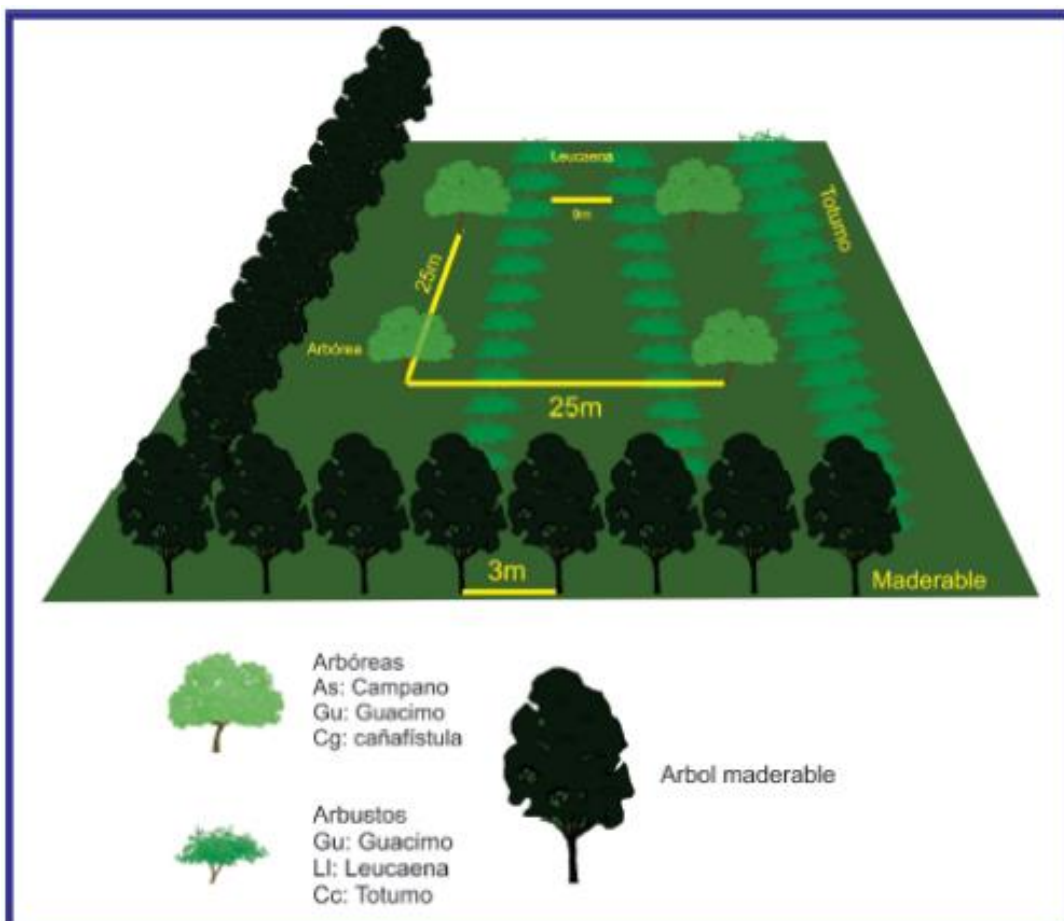
Especie	Densidad de siembra	Número de sitios ha <sup>-1</sup>	Estrato
<b>Leucaena</b>	4x4	196	Medio
<b>Totumo</b>	4x4	195	Medio
<b>Guácimo</b>	4x4	195	Medio
<b>Campano</b>	16x16	13	Medio-Alto
<b>Caña fistula</b>	16x16	13	Medio-Alto
<b>Guácimo</b>	16x16	13	Medio-Alto

Modelo 2: Sistema Silvopastoril de Estratos Múltiples con densidades medias de Leucaena y Totumo

Las especies herbáceas y leñosas que componen un sistema silvopastoril pueden organizarse espacialmente de manera variada teniendo en cuenta factores como el acceso de los animales a las especies forrajeras (tanto a la pastura como a las especies arbustivas) y el grado de cobertura arbórea adecuado.

Del Modelo 1 se desprende el Modelo 2, con una variación en la cantidad de especies arbustivas como se indica a continuación.

- Estrato herbáceo sembrado con gramíneas.
- Estrato medio compuesto por franjas de especies arbustivas sembradas en densidad media. Se emplean las especies *Leucaena leucocephala* (Leucaena) y *Crescentia cujete* (Totumo). Cada franja comprende tres hileras de siembra con distancias entre hileras de 1 m y entre plantas de 0,5 m, lo cual representa 600 arbustos por franja y 5400 por hectárea (9 franjas).
- Estrato alto conformado por árboles multipropósito sembrados a una densidad de 25m X 25m (16 árboles ha<sup>-1</sup>), y una especie maderable sembrada a 3m x 3m en la cerca perimetral de cada módulo silvopastoril (Figura 15).



**Figura 15.** Modelo 2: Sistema Silvopastoril de Estratos Múltiples con densidades medias de Leucaena y Totumo

Determinada la densidad de especies arbustivas y arbóreas en una hectárea, se estima el número de plántulas que se requieren para establecer el sistema silvopastoril, considerando un excedente de plantas para cubrir eventuales resiembras. En la Tabla 8 se presenta la distribución de sitios por especie en una hectárea para el Modelo 2.

**Tabla 8.** Descripción de distancia de siembra y sitios por hectárea en un sistema silvopastoril de estratos múltiples.

Especie	Distancia de siembra	Número de sitios ha <sup>-1</sup>	Estrato
<b>Leucaena</b>	0,5x1	3600	Medio
<b>Totumo</b>	0,5x1	1800	Medio
<b>Guácimo</b>	25x25	16	Medio-Alto
<b>Roble</b>	Cada 3 m	133	Medio-Alto

## Establecimiento del sistema silvopastoril

### Modelo 1 de silvopastoreo

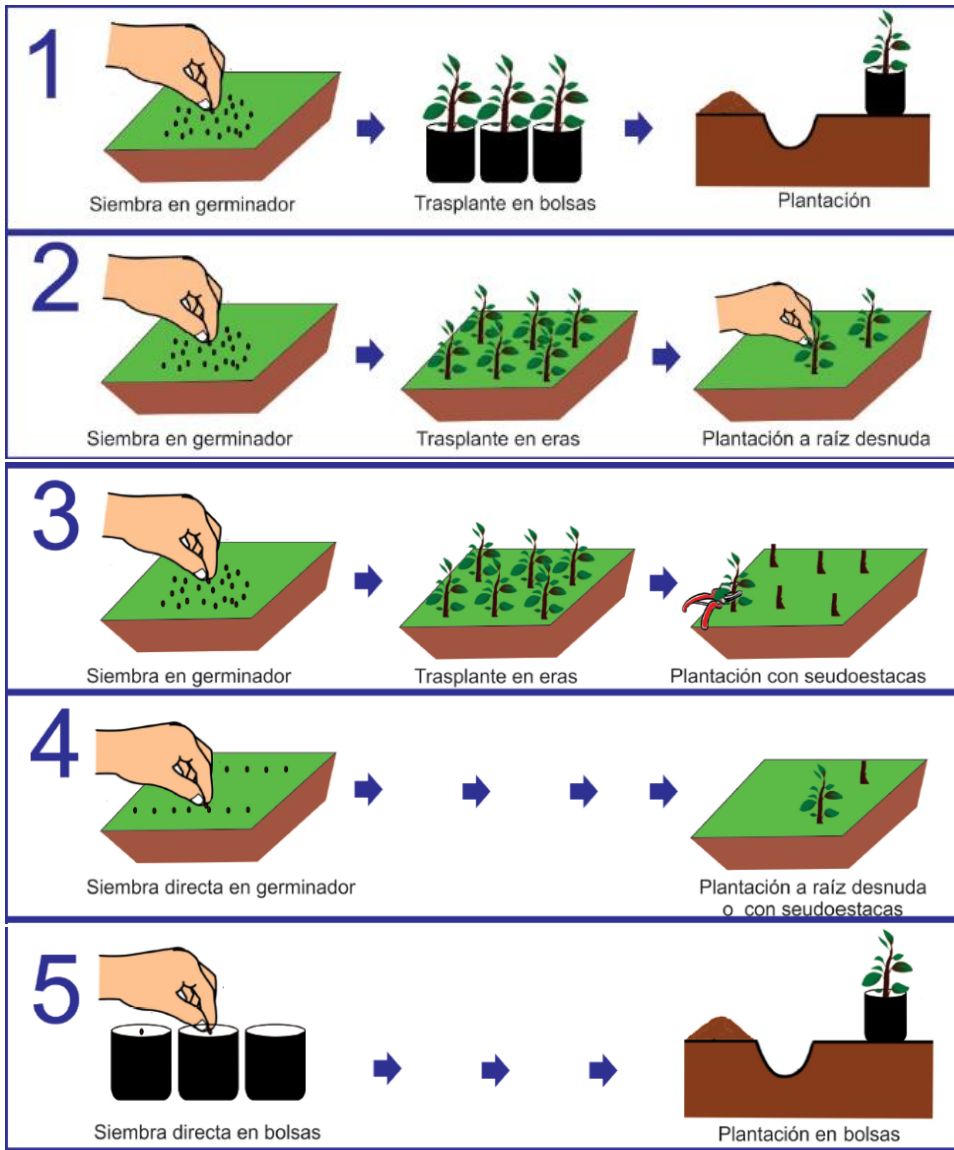
#### Producción de plántulas en vivero

El vivero es el sitio recomendado para la producción de las plántulas de las especies leñosas que se requieren para el establecimiento del sistema silvopastoril ya que garantiza el número y desarrollo de las plantas leñosas que componen el sistema. Para establecer un vivero se recomienda tener en cuenta los siguientes puntos:

- Definir el tamaño, dimensiones y el tipo de árboles que se van a producir, lo que a su vez define qué clase de vivero se quiere construir
- Seleccionar para la construcción del vivero un terreno lo más plano posible, con buen drenaje tanto superficial como interno; el agua en exceso así sea por un corto tiempo puede provocar asfixia de las plantas y en consecuencia mortalidad de plántulas
- Orientar el vivero respecto al sol en tal forma de permitir una buena distribución de la luz solar. Si el vivero está orientado de sur-norte puede estar expuesto a vientos e insolación todo el día.
- Establecer el vivero cerca de una fuente o depósito de agua para poder realizar riego; este es uno de los puntos más importantes para el vivero
- Facilitar acceso al vivero para facilitar el traslado de las plantas hacia el lugar de siembra definitiva
- Proteger el área del vivero con una cerca segura para no permitir la entrada de animales o algún agente dañino que pueda ocasionar algún problema en el vivero

Para asegurar las tareas que se deben realizar en vivero es necesario tener mano de obra calificada y responsable para cumplir con el cronograma de actividades previamente definido.

Las plántulas se pueden producir de diferentes maneras tal como se ilustra en la Figura 4. La producción de plántulas se puede hacer en viveros usando bolsas de polietileno, bandejas tipo cubetas, o eras para trasplante a raíz desnuda (Figura 16). Para determinar cuándo se debe iniciar la producción de plántulas en el vivero se debe tener en cuenta cuando se inician las lluvias y el tiempo que demora en tener plántulas con el desarrollo necesario para poder realizar el trasplante al campo.



**Figura 16.** Métodos de producción de plántulas. **1.** Producción en dos pasos con siembra de semilla en germinador y trasplante en bolsa para establecimiento en campo a raíz desnuda. **2 y 3.** Producción en dos pasos con siembra en germinador y trasplante a eras para establecimiento en campo a raíz desnuda o por seudoestaca. **4.** Producción en un paso con siembra en germinador y establecimiento en campo a raíz desnuda o por seudoestaca. **5.** Producción en un paso con siembra en bolsas y establecimiento en campo a raíz desnuda.



**Figura 17.** Tipos de producción de plántulas en vivero. Izquierda, producción de plántulas en bolsas plásticas. Centro, producción de plántulas en eras. Derecha, producción de plántulas en bandejas tipo cubeta.

**Eras:** Se definen como sitios que sirven para la producción de plántulas en tierra o en viveros temporales que son construidos en sitios cercanos al sitio final de siembra.

#### Ventajas

- Evita la malformación de la raíz si la siembra se retarda.
- Mejora el desarrollo de la plántula, particularmente de la raíz.
- Conserva la humedad en el suelo.
- Facilita el empaque y transporte de plántulas
- Forma apropiada para producción de pseudo-estacas.

#### Desventajas

- Alta demanda de mano de obra.
- Mayor estrés de las plantas al momento de la siembra.

**Bolsas:** La bolsa de polietileno es tal vez el material más común para producción de plántulas y en el mercado se encuentran tamaños variados. La técnica de siembra directa en bolsa consiste en la introducción de las semillas directamente eliminando el uso de germinadores y el trasplante. Se utiliza este método con especies que no requieren poda radicular, que estimula el crecimiento de raíces secundarias, asegurando una buena biomasa radicular.

Las ventajas de la bolsa son:

- Fácil adquisición en diferentes tamaños
- Relativo bajo costo
- Menor estrés de las plantas al momento del trasplante
- Menor cantidad de agua requerida para riego que con el sistema de raíz desnuda

Las desventajas de la bolsa son:

- Si el trasplante sufre algún retraso se corre el riesgo de que se produzcan plántulas con raíces deformadas (cuello de cisne).
- Se debe evitar la contaminación por el plástico de la bolsa en el campo.

**Bandejas tipo cubeta:** este material es tal vez el más adecuado para producción de plántulas ya que se consiguen de diferentes tamaños y se pueden mantener por un largo período de tiempo en el vivero sin que se deforme la raíz. Se pueden colocar sobre una base perforada a cierta distancia del suelo, y de esta forma la raíz de la plántula puede crecer libremente en caso de que el tamaño del cubo sea pequeño y de esta forma la raíz principal no sufre ningún tipo de deformaciones (Figura 18).



**Figura 18.** Bandejas tipo cubeta

Si se van a producir plántulas de manera periódica, este tipo de material es el más adecuado, ya que son reutilizables por largos períodos. Si la producción de plántulas es por solo una vez, se debe tener en cuenta el costo de las bandejas.

### **Número de plántulas en un vivero**

En la Tabla 9 se señala la cantidad de plántulas requeridas en una hectárea, y se discrimina el número de plántulas de las especies arbustivas que se deben sembrar en cada sitio, así como el número total de plántulas que se deben producir a nivel de vivero para el Modelo Silvopastoril 1.

Se aclara que para *Leucaena leucocephala* se debe producir un número de plántulas en vivero mucho más alta que el número de sitios requeridos por hectárea en el campo, dado que se requiere que en cada sitio de siembra se establezca varias

plántulas (8 a 10) y de esa forma asegurar que los animales tengan más follaje para ramoneo durante el pastoreo.

**Tabla 9.** Número de sitios requeridos en el vivero para la producción de plántulas según la cantidad de arbustos a establecer en 1 hectárea del modelo 1 de silvopastoreo

Especie	Sitio de siembra en campo	Plántulas por sitio en campo	Porcentaje adicional de producción en vivero	Sitios totales en vivero
<b>Leucaena</b>	196	8	30%	431 <sup>1</sup>
<b>Totumo</b>	195	1	30%	254
<b>Guácimo</b>	195	1	30%	254

<sup>1</sup> En cada sitio de la era se deben sembrar 5 semillas para obtener 2155 plántulas de leucaena y sembrar en campo 8 por cada uno de los 196 sitios.

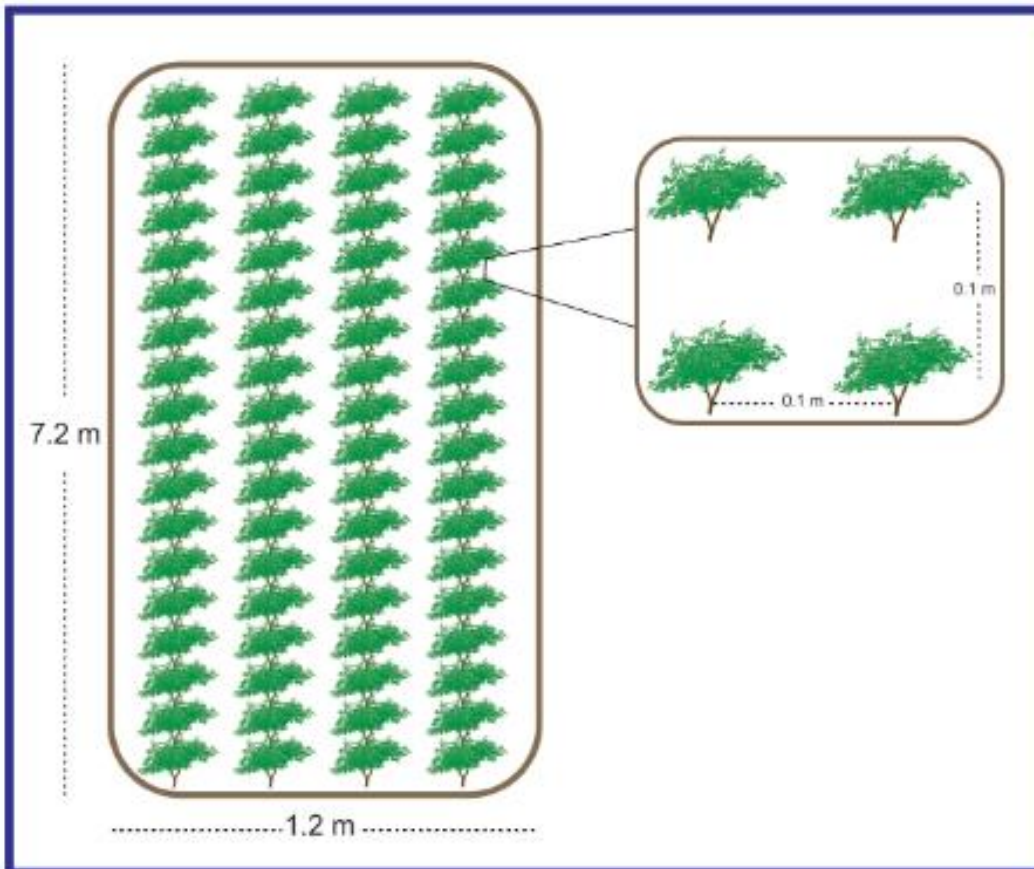
En la Tabla 10 se muestra el tamaño de la era cuando se va a realizar siembra a raíz desnuda para cada una de las especies incluidas en el Modelo 1 de Silvopastoreo. La distancia de siembra en la era debe ser de 10cm X 10cm, lo cual permite obtener 100 sitios por cada 1m<sup>2</sup> de vivero.

**Tabla 10.** Sitios totales en vivero y tamaño de las eras de siembra para sistema de siembra a raíz desnuda e in vivo.

Especie	Sitios totales en vivero	Tamaño de la era metros lineales <sup>1</sup>
<b>Leucaena</b>	431	3,6
<b>Totumo</b>	254	2,1
<b>Guácimo</b>	254	2,1

<sup>1</sup> Se considera un ancho fijo de la era de 1,2 metros por facilitar las labores de manejo en la era (Figura 19).

Las plántulas del estrato medio y alto (campano, guácimo y cañafístula), se pueden producir en bolsas o bandejas tipo cubeta, ya que su número, incluido re-siembras, no debe superar una producción de 25 a 30 por cada una de las especies.



**Figura 19.** Dimensiones y esquema de establecimiento y siembra de plántulas en eras. La ampliación muestra la distancia de siembra entre las plántulas

#### Pasos para la elaboración de la era

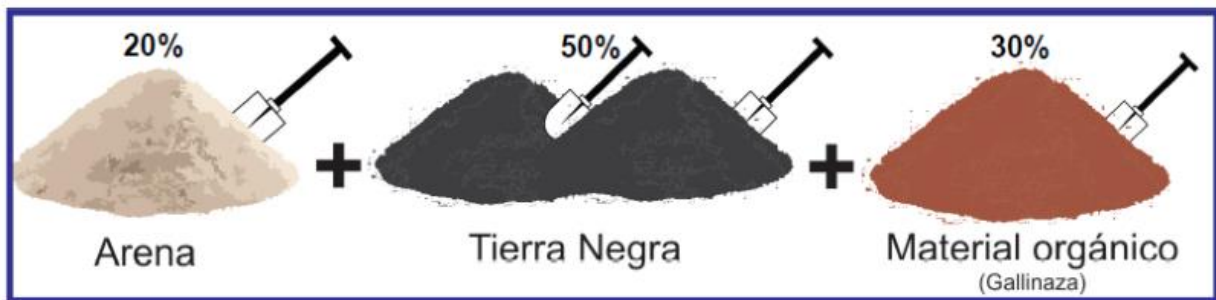
- Aplicación de herbicida (glifosato) a razón de 75 cm por bomba de espalda, con el objeto de controlar especies no deseables y evitar competencia en el vivero;
- Picado del suelo con el uso de barretón y/o pica, para obtener un suelo suelto que resulte en un ambiente físico que favorezca el desarrollo de las raíces y en consecuencia el crecimiento de las plántulas.
- Delimitación y trazado del vivero.
- Colocación de orillos, para evitar la pérdida del sustrato.



**Figura 20.** Elaboración de eras. Izquierda, Germinación de plántulas en eras delimitadas con orillos de madera.

**Preparación del sustrato**

Parte del éxito de la producción de plántulas de especies leñosas depende del sustrato que se utilice para su desarrollo. Es recomendable usar un sustrato con un buen aporte de nutrientes para el desarrollo de plántulas vigorosas. En la región Caribe se ha usado con éxito un sustrato con una proporción de 50% de tierra, 30% de materia orgánica (bovinaza, hormigaza, gallinaza, lombriabono o bocachi) y 20% de arena, o mezcla de arena, cascarilla de arroz y aserrín para mejorar la textura (Cajas-Girón et al 2008) (Figura 21). Sin embargo, la materia prima utilizada para el sustrato depende de la disponibilidad local y de su costo. La proporción de las materias primas en el sustrato puede variar siempre y cuando se mantengan la proporción del material poroso de manera adecuada.



**Figura 21.** Ingredientes requeridos para la elaboración del sustrato para producción de plántulas en vivero

- a. Producción de plántulas en bolsas de polietileno o en bandejas tipo cubeta: Para la estimación de la cantidad de bolsas que se requieren para el desarrollo de especies arbustivas que se van a trasplantar al campo se utiliza el mismo procedimiento descrito para estimar los sitios de siembra en eras. Las bolsas o las cubetas deben permanecer en un sitio con sombra, disponibilidad de agua y buen drenaje, para evitar encharcamientos y así evitar la proliferación de plagas y enfermedades.
- b. Cantidad de semilla requerida para la producción de plántulas: En la Tabla 11 se presenta la cantidad de semilla por kilogramo de cada una de las especies que se incluyen en el Modelo 1 de silvopastoreo.

**Tabla 11.** Número de semilla por kilo de semillas de diferentes especies leñosas en el modelo silvopastoril de estratos múltiples

Nombre común	Nombre Científico	Número de semilla kg <sup>-1</sup> de semilla
Caña fistula	<i>Cassia grandis</i>	1,950
Totumo	<i>Crescentia cujete</i>	58,500
Campano	<i>Albizia saman</i>	5,850
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	17,171
Guacimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	249,377

Fuente: Cajas-Girón et al, datos sin publicar.

En la Tabla 12 se muestra el número de semillas que se deben utilizar en cada sitio de la era o en su caso en la bolsa o en cada contenedor de la cubeta.

**Tabla 12.** Semilla requerida para la producción de plántulas según el número de sitios y la cantidad de semilla por sitio en vivero requeridos para el establecimiento de 1 ha del modelo 1 de Silvopastoreo.

Especie	Número de sitios en vivero	Cantidad de semillas por sitio	Número de semillas total	Gramos de semilla
Leucanea	431	5	1724	99
Totumo	254	3	762	13
Guácimo	254	4	1016	4
Caña fistula	15	2	30	15
Campano	16	2	32	5
Guácimo	15	4	60	1

Algunas semillas de especies arbustivas deben someterse a un tratamiento de escarificación para acelerar su proceso de germinación. Existen proveedores de semilla que comercializan la semilla escarificada. El CIAT, por ejemplo, suministra semilla de Leucaena de excelente calidad, la cual ha presentado porcentajes de germinación de entre 90 y 95%.

A continuación, se resumen métodos de escarificación de semillas de Leucaena y Guácimo en caso de no encontrar semilla escarificada en el mercado.

#### Leucaena

- Calentar agua a punto de ebullición.
- Utilizar una bolsa de nylon o saco de tela, e introducir la cantidad de semilla a escarificar.
- Sumergir el saco con la semilla, dentro del agua hirviendo, por período de 1 minuto.
- Extraer la semilla y secar a la sombra.

#### Guácimo

La semilla de guácimo está recubierta por un mucilago que protege la semilla y evita el ingreso de agua y aire al embrión. En experiencias obtenidas por investigadores de CORPOICA, el mejor proceso de escarificación para el Guácimo es el que se describe a continuación

- Calentar agua a punto de ebullición.
- Utilizar una bolsa de nailon o saco de tela, e introducir la cantidad de semilla a escarificar.
- Sumergir el saco con la semilla, dentro del agua hirviendo, por período de 1 minuto.
- Sacar la bolsa de nailon con la semilla y adicionar bastante agua fría en un grifo.
- A medida que se adiciona el agua se procede a sacudir el saco con la mano generando un efecto mecánico que remueve el mucilago.
- Realizar el procedimiento anterior hasta que no se genere más mucilago.
- Secar la semilla a la sombra.

- c. Presencia de plagas y enfermedades en la fase de vivero: En la fase de vivero se pueden presentar eventos de plagas y enfermedades que generalmente son consecuencia de un mal manejo en el vivero tales como condiciones inadecuadas de humedad y temperatura. Se recomienda llevar a cabo

métodos preventivos para evitar la proliferación de enfermedades y pérdidas de material vegetal.

Los principales agentes causantes de enfermedades de plántulas en viveros son los hongos, mientras que en el caso de plagas predominan los insectos y nematodos, y en menor medida roedores y caracoles.

Una de las principales enfermedades que se presenta en los viveros se denomina Damping-off, conocida también como el "mal de tallo" o el "mal de germinadores" (CONIF, 2002). El Damping-off se clasifica según la etapa de desarrollo en la que se presenta (Napier, 1982):

- Pre-emergente: etapa en la cual los microorganismos atacan la semilla evitando que brote la plántula. Se observa necrosis en los cotiledones y una considerable baja en el porcentaje de germinación.
- Post-emergente: La más común. Los hongos atacan la plántula a nivel del suelo (en el cuello), lo cual genera la muerte de la plántula en uno o dos días por estrangulamiento.
- Pudrición de raíces: Los hongos atacan el tejido leñoso de las raíces de las plántulas varias semanas después de la germinación. Las hojas de estas presentan clorosis o marchitez de la parte superior del tallo.

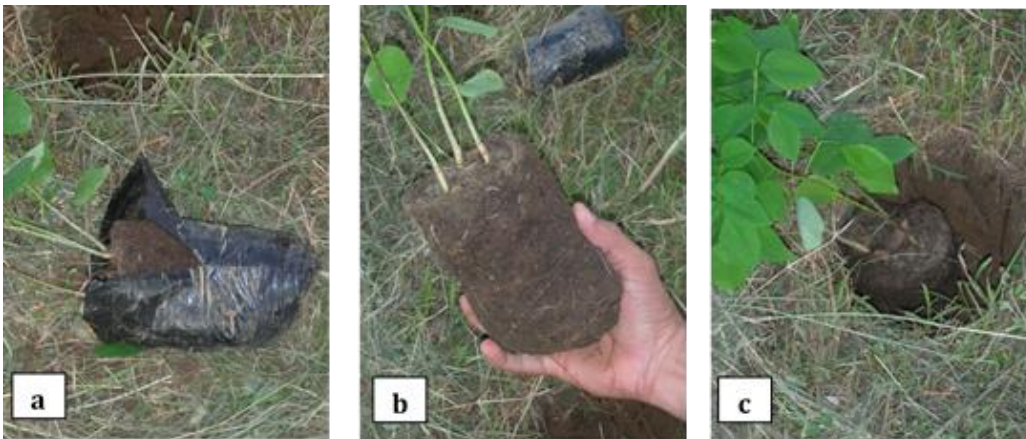
Los factores que favorecen la aparición de Damping-off son una alta humedad del aire y del suelo, un inadecuado pH del suelo y del agua de riego, altas temperaturas del suelo, altos niveles de materia orgánica, almácigos mal drenados, altas densidades de siembra, siembra muy profunda de la semilla, mala circulación del aire sobre las eras, falta de limpieza del vivero y uso de semilla infectada. (CONIF, 2002)

Una vez detectado el problema es necesario evaluar, el nivel de la población dañina, abundancia de enemigos naturales, y las condiciones generales de humedad y temperatura del vivero. Cuando el ataque es severo se puede emplear un fungicida, por ejemplo, Captan y Oxicloruro de cobre; sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de este tipo de químicos afecta a la mayoría de los microorganismos del suelo, incluyendo los benéficos. Por tal razón se recomienda asesorarse sobre el tratamiento químico a emplear, esto incluye, el tipo de producto, la dosis y la época de aplicación. Para evitar el Damping-off en post emergencia, se recomiendan

aplicaciones preventivas de Captan en dosis de 2,5 kg/ha más Benlate o Benex en dosis de 0,5 kg/ha en 100 l de agua. (Marchan et al., 2009).

- d. Cosecha de plántulas en vivero: La obtención de plántulas en vivero es un proceso que amerita mucho cuidado y dedicación para no afectar la calidad del producto generado.

Si las plántulas fueron producidas en bolsas de polietileno o en bandeja tipo cubeta, la cosecha consiste en tomar las bolsas y las bandejas y transportarlas al sitio definitivo de siembra. En la Figura 22 se ilustra la forma de romper la bolsa y/o extraer la plántula de la bandeja, y colocarla en el sitio definitivo de siembra. Este proceso requiere de un transporte eficiente dado el peso de las bolsas y/o bandejas. Se debe supervisar de manera estricta el manejo de la bolsa de polietileno para que los operarios no dejen este tipo de residuo contaminante en el campo.



**Figura 22.** Proceso de extracción de la plántula de las bolsas. a y b. extracción de la plántula de la bolsa sin alterar el sustrato o las raíces. c. Siembra en campo en hoyo, el cual debe ser de 35 cm de profundidad y 15 cm de diámetro.

En los casos en que las plántulas se producen en eras, la cosecha demanda de personal capacitado en el manejo de extracción del material para de esa forma disminuir los daños de tallos y raíces. Las plántulas deben ser sacadas a raíz desnuda, y en caso de haber compactación en el sustrato, es recomendable utilizar una “palanca o espeque” para aflojarlo y permitir la extracción de la planta con la raíz entera. La cosecha de las plántulas debe realizarse en horas de la mañana, para evitar deshidratación del material vegetal. Es importante estimar la cantidad de material que puede ser

sembrado en un día, para evitar cosechar excesos que deban permanecer mucho tiempo sin ser sembrado.

En caso de no sembrar todo el material el día en que se cosechó, es recomendable abrir un hueco en el suelo en un lugar fresco y con sombra, y proceder a enterrar las raíces del material vegetal para utilizarlo al día siguiente. Se recomienda humedecer bien el suelo para evitar deshidratación.

### **Preparación del terreno para la siembra**

**Labranza:** es la práctica de modificar el estado del suelo con el fin de proporcionar a las plantas un ambiente propicio para su desarrollo al corregir cualquier factor físico limitante (Amézquita, 1998). Específicamente con la labranza se busca promover transformaciones benéficas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, volviéndolo así el terreno adecuado como cama para la siembra y posterior desarrollo de las plantas establecidas. En general las transformaciones en el suelo se refieren al aumento en la capacidad de almacenar aire y agua, y el estímulo de la actividad de fauna y microfauna para contribuir a la descompactación del suelo y al reciclaje de nutrientes. Adicionalmente con una labranza adecuada se eliminan plantas e insectos indeseables que podrán afectar posteriormente el desarrollo vegetal.

Para iniciar la labranza del suelo se requiere la eliminación de cualquier obstáculo en el terreno, como son piedras, ramas y troncos. Posteriormente se debe reducir el exceso de vegetación presente, lo cual puede hacerse sobrepastoreando el área de siembra. Para el caso en el que el forraje esté sobremaduro o acolchonado y los animales definitivamente no lo consuman se puede hacer uso de un **cortamalezas** (Figura 23), que es un implemento jalado por un tractor que corta con cuchillas la capa superficial de la vegetación sin afectar el suelo (Cuesta, et al. 2005). Otra opción es destruir el material herbáceo existente con aplicación de un herbicida (generalmente glifosato en cualquiera de sus presentaciones).



**Figura 23.** Cortamaleza de alce hidráulico de tres puntos. Tomado de Polanco (2007).

En general, para el establecimiento del sistema silvopastoril se recomienda, dependiendo de la estructura, textura y nivel de degradación del suelo, una labranza mecanizada con tres implementos a saber: **rastra pesada**, **cinceles rígidos** y **rastrillo pulidor**. En áreas degradadas con vocación para pastos un pase de cada implemento en este mismo orden ha sido la forma común de preparar el terreno para posterior siembra. Estos implementos deben pasarse en forma cruzada, es decir, en sentido perpendicular al sentido del implemento anterior. No se recomienda el uso de dos pases de cincel en forma cruzada.

Cuando no sea posible la utilización de un tractor e implementos para preparar el terreno para la siembra, se puede considerar el uso de tracción animal o de herbicidas (Franco et al., 2007). De igual manera, si se considera el establecimiento de sistemas en áreas muy pendientes o de reducido tamaño se puede preparar el suelo de forma manual con azadón.

- Pase de rastra pesada: La rastra pesada (Figura 24) permite la destrucción de la capa vegetal existente en el área donde se va a llevar a cabo la siembra, ya que hace un corte y volteo de la vegetación superficial. Idealmente el proceso se realiza con tres puntos de traba, lo que da lugar a una penetración de 10 a 15 cm de profundidad. Esto garantiza una máxima eficiencia de corte al romper los primeros centímetros del suelo que, por lo general, como se indicó anteriormente, tienen un alto grado de compactación (resistencia mecánica a la penetración superior a 3 Mpa) en áreas ganaderas de la región Caribe. Es importante tener en cuenta la potencia del tractor y su velocidad durante el trabajo. Se deben utilizar para esta tarea tractores con doble transmisión y al menos 110 Hp.



**Figura 24.** Rastra pesada en funcionamiento

- Pase del arado de cincel rígido: El arado de cincel rígido fue diseñado para penetrar en suelos duros y de esa forma romper capas compactadas, dejando la superficie del suelo roturada y abierta, para atrapar y mantener el agua lluvia. El trabajo desarrollado por este implemento permite que la mayor parte de los residuos vegetales queden sobre la superficie del suelo y de esta forma, ayudar a reducir la erosión y la evaporación del agua. Los implementos con cincelos o ganchos verticales rígidos permiten penetrar suelos duros y capas compactadas, dejando el suelo fragmentado sin invertir las capas del suelo. Es ideal que los cincelos penetren a 40 cm del suelo a una velocidad de trabajo no mayor a 10 km/h (Figura 25).



**Figura 25.** Cincel rígido en funcionamiento

- Paso de rastrillo pulidor: implemento liviano que permite la homogenización del suelo en los primeros 10 cm, lo que facilita el desarrollo de las semillas de la gramínea o especies arbustivas que se van a establecer (Figura 26).



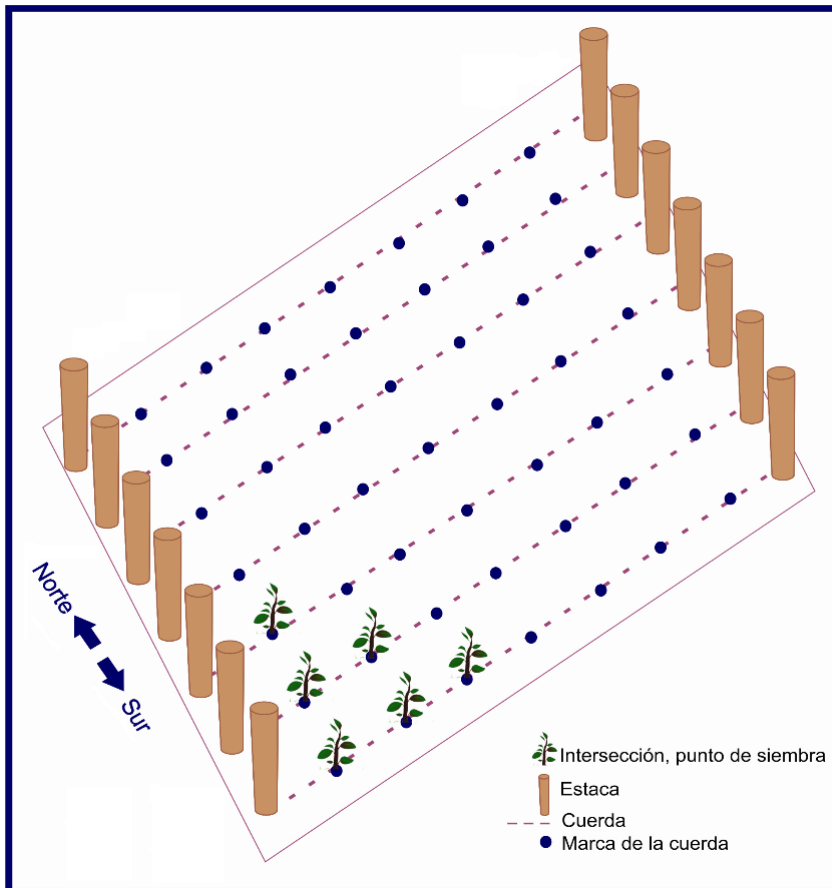
**Figura 26.** Rastrillo pulidor

### **Siembra del estrato arbustivo y arbóreo**

#### a. Trazado del terreno

El trazado del terreno se realiza con base en el marco de siembra establecido, por ejemplo 4 m entre filas y 4 m entre plantas para el modelo 1 (Figura 8). Esta actividad se realiza en dos fases:

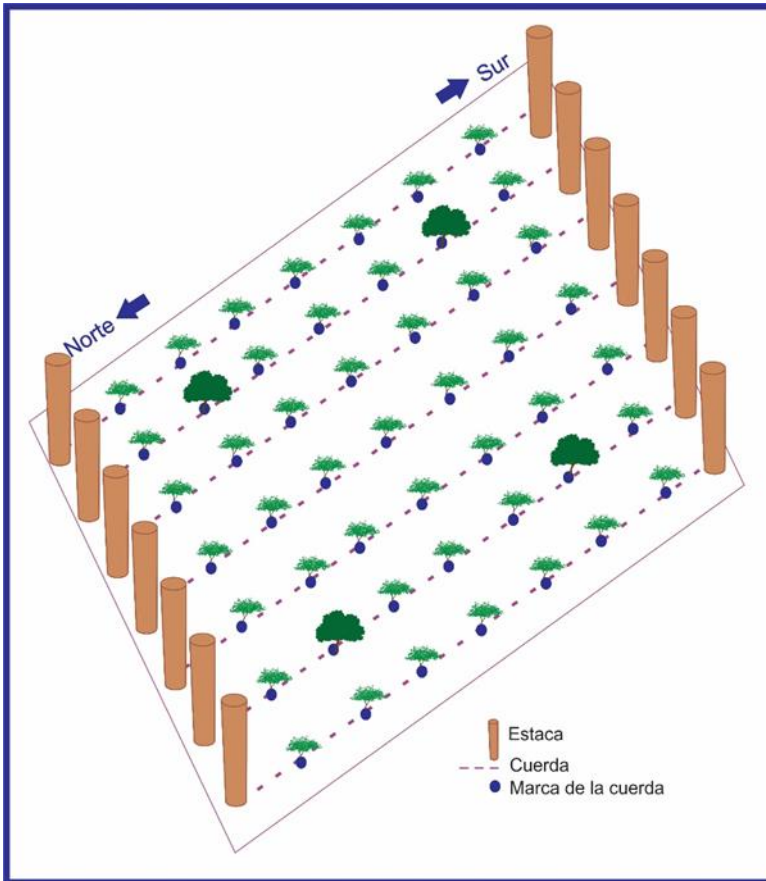
- *Trazado en sentido Norte-Sur.* En sentido norte-sur desde uno de los vértices del área a sembrar se marca una línea con estacas a 4 metros entre cada una. Luego se marca de igual manera otra línea con estacas en el mismo sentido, pero alejada de la primera, de modo que se puedan generar **líneas de siembra** paralelas en sentido Este-Oeste.
- *Trazado en sentido Este-Oeste.* Extender una cuerda marcada cada 4 m entre las dos estacas que generen una línea de siembra. De esta manera cada marca corresponde al punto de siembra y las filas de los árboles quedarán en sentido norte-sur y este-oeste.



**Figura 27.** Trazado de lote para siembra de sistemas silvopastoriles.

b. Secuencias para la siembra de árboles y arbustos

La secuencia de siembra descrita a continuación hace referencia al Modelo Silvopastoril 1 que se ilustra en la Figura 28. En el cual se indica la manera como se ordenan las especies vegetales en cada línea de siembra. En el modelo se distinguen dos secuencias de siembra. La primera se organiza en una serie repetitiva de 3 especies arbustivas (Leucaena (LI), Guácimo (Gu) y Totumo (Cc)). Esta secuencia se repite hasta acabar la línea de siembra. La segunda secuencia presenta una estructura más compleja ya que incluye una combinación de especies arbustivas y arbóreas. La línea de siembra se inicia con Campano (As), seguido de dos sitios de siembra para Guácimo (Gu), continuando con Leucaena, Cañafistula (Cg) y por último Totumo (Cu), tal como se muestra en la Figura 9. Esta secuencia incluye dos sitios contiguos de Guácimo, dado que uno de ellos estará destinado al estrato medio (ramoneo) y el otro al estrato alto (sombra, frutos y captura de carbono).



**Figura 28.** Línea de siembra con la inclusión de especies arbustivas y arbóreas.

**Establecimiento del pasto**

Para el establecimiento del pasto se recomienda llevar a cabo la siembra al “voleo” con la utilización de una sembradora manual. La cantidad de semilla que se debe utilizar por hectárea depende del valor cultural (porcentajes de pureza y germinación) de la semilla, las pérdidas asociadas con al método de siembra y las plantas que se desean por metro cuadrado. Este cálculo se puede hacer con la siguiente formula:

$$Kg \text{ de semilla } ha^{-1} = \frac{\text{Numero de plantas por } ha \times 10000}{\text{Valor Cultural} \times (100 - \% \text{ de pérdidas en siembra}) \times \text{número de semillas en 1 kg}}$$

El valor Cultural se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Valor Cultural} = \frac{(\% \text{ de Pureza} \times \% \text{ de Germinación})}{100}$$

Para ilustrar los cálculos de semilla necesaria por hectárea se emplean las recomendaciones técnicas descritas para *Brachiaria brizantha* cv. Toledo (Lascano et al., 2002). Para tal efecto se toma como referencia de establecimiento una

densidad de 4 kg de semilla ha<sup>-1</sup> con un valor cultural de 60% (por ejemplo 80% de pureza y 75% de germinación) y se asumen pérdidas en el establecimiento del orden de 50% (ver Tabla 13).

**Tabla 13.** Estimación de la cantidad de semilla de pasto Toledo

Semillas en 1 kg	Semilla pura (80%)	Semilla germinada (75%)	Perdidas en siembra (50%)	Plantas deseadas	Kg ha <sup>-1</sup>
100000	80000	60000	30000	120000	4

Reemplazando los valores tenemos que:

$$Kg \text{ de semilla } ha^{-1} = \frac{(12 \text{ plantas por } m^2 \times 10000 \text{ m}^2) \times 10000}{\left(\frac{80 \times 75}{100}\right) \times (100 - 50) \times 100.000} = 4 \text{ kg de semilla } ha^{-1}$$

Para realizar la siembra de la gramínea se recomienda la utilización de una boleadora manual de semilla o de fertilizante diseñada para realizar una aplicación rápida y efectiva de toda clase de semillas de pastos y abonos como ureas, cales y general productos que se apliquen al boleado. La boleadora debe tener una capacidad de 12 Kg, ser graduable en 4 posiciones y permitir una aplicación uniforme del producto. La apertura de la escotilla de una boleadora normalmente tiene un rango de 0 hasta 4, lo cual determina la posición de uso de la sembradora de acuerdo al grosor de la semilla, el cual puede ir desde un grano muy fino, en cuyo caso se calibraría en 0,5, hasta un grano muy grueso que correspondería a la posición 4.

Procedimiento en campo para la distribución de la semilla

Antes de comenzar se toma la boleadora y se afloja la tuerca de seguridad para calibrar la maquina en 1,25 (escala de 0 a 4), dado el grosor de la semilla del pasto Toledo. (Figura 29)



**Figura 29.** Calibración de la maquina sembradora. Derecha, botón de seguridad para calibrar la máquina. Izquierda, 1. Tuerca de seguridad. 2. Implemento para graduación de la sembradora.

Se recomienda que un mismo operario maneje la boleadora durante todo el proceso de la siembra. En caso de que el operario no cuente con experiencia sobre este tipo de equipos se puede realizar un entrenamiento previo llenando la tolva con un grano similar a la semilla a sembrar (arroz, por ejemplo) y simulando un recorrido con liberación del grano. Para la calibración de la máquina y del operario se requieren los siguientes implementos:

- Bolsas plásticas
- Balanza o gramera
- Cinta métrica
- Balizas o guías de siembra.
- Dos personas.

Se debe seleccionar un área para estimar la cantidad de semilla que se distribuye en un metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>) y se debe tener en cuenta que el ancho de área siempre debe corresponder con la amplitud de voleo de la máquina, esto es, 2,5 m. (Figura 30). Posteriormente se procede a estimar la cantidad de semilla por m<sup>2</sup>, que será utilizada como referencia para realizar la calibración del operario destinado a realizar la siembra.



**Figura 30.** Uso de la boleadora y su amplitud de acción.

A continuación, se presentan los cálculos que se deben hacer para estimar semilla necesaria por metro teniendo en cuenta los siguientes valores: retoman los elementos necesarios para obtener dicho valor:

Densidad de siembra de la semilla	=	4 kg ha <sup>-1</sup>
Área de calibración	=	50 m <sup>2</sup>
Metros cuadrados en 1 ha	=	10.000

Para poder calibrar la maquina se debe determinar cuanta semilla (en gramos) se distribuye por m<sup>2</sup>. Si se utiliza una densidad de siembra de 4 kg ha<sup>-1</sup> entonces:

Semilla por ha en gramos:

$$\frac{4 \text{ kg} \times 1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} = 4000 \text{ g de semilla}$$

Por una regla de tres simple podemos estimar los gramos de semilla que se requiere depositar en un metro cuadrado con el siguiente razonamiento: Si en 10000 m<sup>2</sup> empleamos 4000 g de semilla, en un metro cuadrado emplearíamos:

$$\frac{4000 \text{ g} \times 1 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} = 0,4 \text{ g de semilla}$$

Teniendo como base que para 1m<sup>2</sup> se deben distribuir 0,4 g de semilla, se procede a determinar la cantidad de semilla que se debe depositar en el área destinada para calibrar la máquina, de la siguiente manera:

$$\frac{0,4 \text{ g} \times 50 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = 20 \text{ g de semilla}$$

Para este caso se sabe que la cantidad necesaria de semilla para 50 m<sup>2</sup>, con una densidad de 4 kg ha<sup>-1</sup>, son 20 g y con esta información el operario procede a calibrar la sembradora. Para ello se hace necesario diseñar dos balizas o guías de siembra (Figura 31) con la finalidad de dirigir la siembra de manera ordenada y así abarcar la totalidad del área.



**Figura 31.** Esquematización de las guías de siembra con balizas.

Finalmente, el proceso de calibración tiene por objetivo que el operario responsable de la siembra, distribuya 20 g de semilla en 50 m<sup>2</sup>. Para ello se coloca una bolsa plástica en el plato distribuidor de semilla de la boleadora, con el fin de coleccionar toda la semilla que el operario distribuye en un trayecto dentro del área determinada para la calibración. El proceso de calibración se repite, pesando con la gramera la totalidad de la semilla distribuida en cada trayecto, hasta que el operario obtenga el ritmo de siembra necesario para depositar 20 g de semilla en 50 m<sup>2</sup> (Figura 32).



**Figura 32.** Proceso de calibración de la máquina y el operario.

## Modelo 2 de silvopastoreo

El método para el establecimiento del modelo silvopastoril 2 descrito en la sección “Modelo 2: Sistema Silvopastoril de Estratos Múltiples con densidades medias de Leucaena y Totumo” difiere respecto al del modelo 1 básicamente en la forma de siembra de las especies arbustivas. Las demás actividades son similares y se llevan a cabo en el mismo orden, es decir la preparación del terreno, luego la siembra del estrato arbustivo y arbóreo y posteriormente el establecimiento del pasto.

Para este modelo la siembra de arbustos se hace directamente en campo a partir de semilla sexual escarificada, no siendo necesaria la producción de plántulas en vivero. Para las especies arbóreas, dada su baja densidad no se hace necesaria la elaboración de un vivero para establecer áreas relativamente pequeñas, por lo que se pueden producir las plántulas en bolsas o en cubetas en un área protegida de la finca.

Debido a que en este modelo la densidad de arbustos es mayor comparado al modelo 1, el método de siembra debería ser más eficiente para reducir los gastos por mano de obra. En este sentido se considera el método de siembra a chuzo, en el cual se depositan directamente en el suelo cinco semillas por sitio aproximadamente a 3 cm de profundidad siguiendo el modelo descrito, quedando los sitios a 0.5 m dentro de hileras y a 1 m entre hileras en cada franja.

La Tabla 14 muestra la cantidad de semilla requerida por cada metro lineal de franja de arbustos. Con este valor se puede calcular la cantidad de semilla requerida para cada especie considerando franjas de cualquier longitud aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Semilla requerida (g)} = \text{Gramos de semilla requerida por metro de franja} \times \text{longitud de la franja}$$

**Tabla 14.** Semilla requerida por metro lineal de la franja de arbustos considerada en el modelo 2 de silvopastoreo.

Especie	Sitios por metro franja	Cantidad de semilla requerida por metro de franja	Densidad de semilla (semilla/kg)	Gramos semilla requerida por metro de franja
<b>Leucaena</b>	6	30	17.171	1.75
<b>Totumo</b>	6	30	58.500	0.51

De esta manera, si se considera el establecimiento de 1 hectárea de terreno, el cual tiene 100 metros de ancho por 100 metros de largo, en el que habría, como describe el modelo (sección 2.1.2), 6 franjas de Leucaena y 3 franjas de totumo, entonces la cantidad total de semilla de Leucaena requerida sería igual a 1.75 gramos por 100 metros lineales de franja, y puesto que son 6 franjas, el resultado se multiplica por 6. De igual manera se procede para estimar la cantidad necesaria de semilla de totumo (Tabla 15).

**Tabla 15.** Semilla de arbustos requerida para el establecimiento de 1 ha del

Especie	Gramos semilla requerida por metro de franja	Longitud de la franja(metros)	Número de franjas	Total de semilla requerida (gramos)
<b>Leucaena</b>	1.75	100	6	1.050
<b>Totumo</b>	0.51	100	3	153.9

modelo 2 de silvopastoreo.

Para el caso de lotes irregulares, la mejor opción para determinar la semilla requerida es calcular la cantidad de semilla para cada franja según su longitud y luego sumar todas las franjas consideradas en el área a sembrar.

En cuanto a la producción de los árboles, aplicando la ecuación descrita en la sección "Modelo 1: Sistema silvopastoril de estratos múltiples" para determinar la cantidad de sitios a plantar en una hectárea con una distancia de siembra de 25 m

entre árboles, se tendría una densidad de siembra de 16 sitios por hectárea. La cantidad de semilla requerida para cada especie de árbol se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16.** Semilla de árboles requerida para el establecimiento de 1 ha del modelo 2 de silvopastoreo.

Especie	Número de árboles por hectárea a sembrar	Cantidad de semillas por sitio	Número de semillas total	Gramos de semilla
<b>Campano</b>	16	2	32	5
<b>Guácimo</b>	16	4	64	1
<b>Caña fistula</b>	16	2	32	15

Como se mencionó anteriormente el tamaño del área a establecer determina si es necesaria la construcción de un vivero para producir estas especies, para lo cual se pueden seguir los procedimientos descritos en la sección “Producción de plántulas en vivero”.

El trazado del área para siembra es similar en principio al método descrito en la sección “Preparación del terreno para la siembra” para el modelo 1, cambiando las distancias de siembra y la ubicación de los arbustos. Al respecto, las franjas de arbustos deben quedar orientadas en sentido este-oeste para permitir la continua entrada de luz al estrato herbáceo, mientras que los árboles deben quedar formando filas en sentido norte-sur y este-oeste de igual manera como en el modelo 1.

## Manejo pos-establecimiento

### Mantenimiento del sistema

Un sistema silvopastoril en los estados iniciales pos-establecimiento requiere de un buen manejo para asegurar que todas las plantas sembradas se desarrollen adecuadamente. Las actividades de mantenimiento tienen como objeto preservar la densidad de siembra pre-establecida, por lo que es indispensable recorrer regularmente el área sembrada y evaluar el estado de las plantas, la presencia de arvenses o de insectos dañinos, y otros factores que puedan perjudicar el desarrollo de las plántulas.

Un plan de mantenimiento debe involucrar las siguientes actividades:

- Evaluación de sobrevivencia
- Resiembra
- Control de arvenses (manual/química)

### **Evaluación de sobrevivencia**

La evaluación de sobrevivencia permite obtener una medida cuantitativa del éxito de la siembra bajo la influencia de los factores propios del sitio (Delgadillo, 2011). Específicamente, a través de la evaluación de sobrevivencia se puede conocer la proporción de plantas que están vivas respecto a las plantas sembradas inicialmente (densidad de siembra establecida). Se recomienda realizar esta evaluación sobre una muestra del 10% del área total intervenida. En esta área se marcan aleatoriamente parcelas de 750 m<sup>2</sup> dentro de las cuales se procede a cuantificar el estado de la planta, calificando el atributo “presente/ausente” y/o “viva/muerta”. De esta manera, al conocer el número de plantas sembradas inicialmente y el número de plantas vivas se puede obtener un porcentaje de sobrevivencia y de mortalidad, valores que permiten determinar el número de plantas que se requieren para la resiembra. La fórmula para estimar sobrevivencia es la siguiente:

$$\text{Porcentaje de Sobrevivencia} = \frac{\text{Numero de plantas vivas}}{\text{Numero de plantas sembradas}} \times 100$$

### **Resiembras**

Conociendo el número de plantas requeridas para restituir la densidad de siembra pre-establecida y con el mapa de siembra (modelo silvopastoril) en el que se especifica la especie vegetal que va en cada sitio, se recorren las líneas de siembra, ubicando los sitios en donde la planta haya muerto o desaparecido para proceder a ahoyar de nuevo y resembrar.

### **Control de arvenses (malezas) pos-establecimiento**

Para asegurar el buen desarrollo de las plantas sembradas y resembradas, especialmente en etapas tempranas, es necesario eliminar cualquier planta arvense (maleza) de la zona de raíces (plato) para evitar la competencia por nutrientes, agua, luz, etc. Para tal fin se han propuesto dos métodos de control de malezas:

- Plateo manual: Se elimina el material vegetal que se encuentre en la zona del plato (80 cm de diámetro alrededor de la planta) con machete. Este

material puede ser repicado para que se incorpore al suelo aportando materia orgánica.

- Plateo químico: Es indispensable reconocer que el uso indiscriminado de herbicidas trae consigo contaminación y residualidad causando un impacto negativo sobre el medio ambiente. Si se utiliza el método químico de control de malezas es necesario que las plántulas estén protegidas para evitar quemarlas con el herbicida. (Figura 33). Generalmente se emplea un herbicida sistémico (glifosato) a una dosis que varía entre 65 y 200 cm<sup>3</sup> por cada 20 l de agua, dependiendo del estado fenológico de la arvense.



**Figura 33.** Plateo químico de Ceiba (*Pachira quinata*). Uso de protectores que impiden el contacto del herbicida con las plántulas.

## Capítulo VI

### Manejo del sistema

#### Carga animal y capacidad de carga

La **carga animal** es definida como el número de Unidades Gran Ganado<sup>2</sup> que se encuentran en una hectárea del sistema silvopastoril bajo cualquier manejo, tiempo y lugar. Por otro lado la **capacidad de carga** es la carga animal que una pastura soporta y en la que se logra la máxima producción animal por unidad de superficie (ganancia por animal x animales por ha) sin afectar la cantidad y la calidad del forraje en oferta a través del tiempo. La estimación de esta variable es clave para lograr un manejo acertado del pastoreo en un sistema silvopastoril.

Al igual que en una pastura convencional, en un sistema silvopastoril el **subpastoreo** se presenta cuando existe una carga animal muy por debajo de la capacidad de carga del potrero, obteniéndose a corto plazo una mayor producción por animal al no existir restricciones en el consumo y selección de forraje. Sin embargo, esta situación conlleva a la sub-utilización del forraje en oferta, lo cual reduce los niveles de producción animal por unidad de área. Cuando se presenta el **sub-pastoreo** se altera con el tiempo la estructura del sistema silvopastoril en cuanto a la composición botánica, producción y calidad de las especies en el sistema.

A medida que aumenta la carga animal en un sistema de pastoreo, la producción animal por unidad animal decrece, pero aumenta la ganancia por unidad de superficie hasta cierto punto. Más allá de este punto la producción por unidad de superficie decae debido a la disminución en el forraje disponible por animal. El número de animales en un sistema silvopastoril que genera la máxima productividad corresponde a la **capacidad de carga** del sistema y el **sobrepastoreo** se presenta cuando el número de animales por unidad de superficie en el sistema supera dicha capacidad. Con el sobrepastoreo se propicia el agotamiento de las reservas de nutrientes de las especies consumidas y la compactación de los suelos, afectando de esta manera la persistencia de los forrajes y favoreciendo igualmente la proliferación de especies indeseables (Cuesta, et al. 2005).

---

<sup>2</sup> Una unidad gran ganado equivale a 500 kg de peso vivo.

En resumen, **la carga animal óptima** para un sistema silvopastoril corresponde a un punto donde se logran los mayores niveles de producción animal por unidad de superficie sin llegar a incurrir en sobre o subpastoreo y afectar de esa forma la persistencia y productividad de la gramínea y componentes arbustivos (i.e. Leucaena) mayormente seleccionados por los animales en pastoreo.

## **Estimación de la carga animal óptima del sistema**

Conociendo el sistema de pastoreo a utilizar y el número de divisiones en el sistema, la determinación de la carga animal óptima se estima a partir de la cantidad de forraje en oferta y del consumo animal estimado como adecuado (i.e. 3 a 4% del peso vivo en MS). La determinación de la carga óptima se debe hacer en cada periodo de rotación en un potrero diferente, siendo el valor calculado extrapolado para todas las pasturas del sistema de rotación. La estimación de la carga animal óptima en el sistema silvopastoril puede hacerse de forma práctica sólo considerando la oferta de forraje del estrato herbáceo, ya que este corresponde al principal componente en la dieta seleccionada por el animal. Por otra parte si se quiere la oferta adicional de forraje que produce el estrato arbustivo puede calcularse para hacer un ajuste en el número de animales que puede sostener el sistema. Para la estimación de la carga óptima, a continuación se describe el método basado en el estrato herbáceo (pastura).

### **Determinación de la oferta de forraje disponible**

La **oferta de forraje total** del estrato herbáceo expresada en kilogramos de materia seca o verde por hectárea se determina a través del **aforo** de una división del sistema, considerando sólo las especies forrajeras y excluyendo las arvenses que no consumen los animales. Idealmente la oferta de forraje se debe estimar en materia seca, para lo cual se debe contar con el equipo necesario para el secado. Sin embargo, si no se tienen las condiciones para determinar materia seca la estimación de la carga óptima se puede hacer a partir de la oferta de forraje fresco.

La oferta de forraje se debe estimar con un corte de la gramínea que varía de 5 a 20 cm sobre el suelo, dependiendo del hábito de crecimiento de la especie. Ajustando la altura de corte se estima entonces el forraje disponible y el forraje que se debe dejar para la recuperación del pasto durante el periodo de descanso. En otras palabras, al hacer el aforo del pasto se recomienda cosechar el pasto a 20 cm sobre el nivel del suelo en pasturas con especies erectas (i.e. Mombasa) y a 5 cm con especies decumbentes (i.e. Estrella).

El aforo se debe hacer, como se mencionó anteriormente, en una división diferente en cada periodo de rotación, idealmente 1 a 2 días antes de que comience la ocupación por los animales. Para la determinación de la oferta de forraje total se puede utilizar cualquiera de los métodos de aforo aplicados en praderas convencionales para especies de porte erecto o decumbente, los cuales no se describirán en este documento, siendo mejor explicados en cualquier manual de manejo de praderas (Estrada, 2002). Por último, para determinar la **oferta de forraje disponible** para el consumo animal en kilogramos de forraje verde o materia seca por hectárea se debe descontar de la oferta de forraje disponible una pérdida de entre el 30 y 40% asociada al pisoteo y deyecciones (orina y heces que contaminan partes de la pradera y que son rechazadas por los animales durante el pastoreo).

### Cálculos

Para la determinación de la oferta de forraje disponible se puede aplicar la siguiente fórmula para aforos en materia seca o en forraje verde asumiendo una pérdida de 30% del pasto por pisoteo y deyecciones.

$$\text{Oferta de forraje disponible (kg/ha)} = \text{Oferta de forraje total (kg/ha)} \times 0.3$$

Conociendo el forraje disponible en el estrato herbáceo en kilogramos por hectárea para una división del sistema silvopastoril se puede estimar la carga animal óptima. Asumiendo que el consumo animal en base seca y en forraje fresco<sup>3</sup> es de 3 kg y 12 kg por 100 kg de peso vivo respectivamente, y que 500 kg de peso animal corresponden a 1 UGG, entonces el número de UGG que puede sostener el sistema se puede calcular de la siguiente manera:

Para aforo en forraje verde:

$$\text{UGG que puede sostener el sistema} = \frac{\text{forraje verde disponible (kg/ha)} \times \text{Área del sistema (ha)}}{\text{días de descanso de la división} \times \text{Peso de 1 UGG} \times \frac{12 \text{ kg de forraje verde}}{100 \text{ kg de peso vivo}}}$$

Para aforo en materia seca:

$$\text{UGG que puede sostener el sistema} = \frac{\text{materia seca disponible (kg de MS/ha)} \times \text{Área del sistema (ha)}}{\text{días de descanso de la división} \times \text{Peso de 1 UGG} \times \frac{3 \text{ kg de MS}}{100 \text{ kg de peso vivo}}}$$

<sup>3</sup> Asumiendo un contenido de materia seca del 25%

A partir del número total de animales que puede sostener el sistema y del área total del mismo, la carga animal óptima se determina de la siguiente manera:

$$\text{Carga Animal óptima (UGG por ha)} = \frac{\text{UGG que puede sostener el sistema}}{\text{Área en hectáreas del sistema}}$$

Por otro lado, la **carga instantánea**, la cual corresponde al número de UGG por hectárea que tiene cada división durante el periodo de ocupación, se determina según la siguiente fórmula:

$$\text{Carga instantánea (UGG por ha)} = \frac{\text{UGG que puede sostener el sistema}}{\text{Área en hectáreas de una división del sistema}}$$

Para ilustrar la aplicación de las formulas anteriores se considera como ejemplo un sistema silvopastoril de 10 hectáreas, con 10 divisiones de 1 hectárea, con 28 días de descanso y 3 días de ocupación. Al hacer el aforo en una de estas divisiones excluyendo la producción de arvenses y descontando las pérdidas asociadas a pisoteo y deyecciones, la oferta de forraje verde es de 5.500 kg por hectárea. De esta manera para determinar el número de UGG que puede sostener el sistema se aplica la fórmula para aforo en forraje verde:

$$\text{UGG que puede sostener el sistema} = \frac{5.500 \text{ kg de forraje verde por ha} \times 10 \text{ ha}}{28 \text{ días de descanso} \times 500 \text{ kg} \times \frac{12 \text{ kg de forraje verde}}{100 \text{ kg de peso vivo}}} = 32.7 \text{ UGG}$$

Si se considera el mismo ejemplo anterior pero contando con una estufa para el secado de las muestras, por lo que la oferta de forraje en base seca sería de 1.375 kg por hectárea, entonces el número de UGG que puede sostener el sistema se determina a partir de la fórmula para aforo en base seca:

$$\text{UGG que puede sostener el sistema} = \frac{1375 \text{ kg de forraje verde por ha} \times 10 \text{ ha}}{28 \text{ días de descanso} \times 500 \times \frac{3 \text{ kg de MS}}{100 \text{ kg de peso vivo}}} = 32.7 \text{ UGG}$$

Para determinar la carga óptima se aplica entonces la formula descrita anteriormente considerando las UGG que puede sostener el sistema:

$$\text{Carga Animal óptima (UGG por ha)} = \frac{32.7 \text{ UGG}}{10 \text{ ha}} = 3.27 \text{ UGG por ha}$$

Según la fórmula para determinar la carga instantánea se tendría:

$$\text{Carga instantánea (UGG por ha)} = \frac{32.7 \text{ UGG}}{1 \text{ ha}} = 32.7 \text{ UGG por ha}$$

### Asignación de animales al sistema

Para el manejo del silvopastoreo 1 UGG puede tener las equivalencias que se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Equivalencias de 1 UGG a número de animales para el silvopastoreo.

Categoría de bovinos	Número de animales que equivalen a 1 UGG
Adultos con o sin ternero al pie	1
Novillos destetos hasta 23 meses de edad	2

El número de animales que puede soportar el sistema para cada categoría se calcula multiplicando la carga animal óptima por la equivalencia en animales de 1 UGG de la categoría asignada. Para el ejemplo anterior el sistema podría sostener aproximadamente 33 adultos o 66 novillas(os).

### Inicio del pastoreo del SSP y carga animal inicial

Para tener una buena persistencia en el estrato arbustivo las especies deben tener una altura mínima de 1.6 metros antes de iniciar el pastoreo del sistema. Bajo unas condiciones de suelo ideales las especies arbustivas alcanzarán esta altura entre los 4 y 5 meses. Mientras que transcurre este periodo de tiempo el forraje en el estrato herbáceo debe cortarse y dejar una parte en el suelo, otra parte puede conservarse y suministrarse a los animales.

Para facilitar el completo desarrollo de los estratos durante los tres primeros meses de pastoreo del SSP se recomienda usar una carga animal del 60% de lo estimado de acuerdo al aforo realizado, usando animales jóvenes. Esta carga baja facilitará el completo desarrollo de las especies arbustivas principalmente de la leucaena, a la vez que se mejora la propagación del pasto.

### Control de plantas arvenses en el sistema

La presencia elevada de especies arvenses o “malezas” en los potreros de un sistema silvopastoril puede generar un efecto negativo sobre la producción animal y vegetal. Esto es debido a que las arvenses tienen generalmente una menor calidad nutritiva y/o palatabilidad, además de la posibilidad de contener compuestos tóxicos y anti-nutricionales. Por otro lado, la elevada proliferación de arvenses puede afectar el crecimiento adecuado y la sobrevivencia de las especies sembradas.

## Principales especies de arvenses

Especies de hoja ancha

Dormidera (*Mimosa púdica*), Uña de gato (*Fagara pterota*), Bejuco de Sapo (*Sarcostemma clausum*), Balsamina (*Momordica charantia*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Escobilla (*Sida acuta*), Berbena (*Heliotropium indicum*), Pringamosa (*Urera baccifera*), Cadillo Rabo de Rata (*Achyranthes indicus*), Topotoropo (*Physalis angulata*), Cadillo de Bolsa (*Priva lappulacea*), Bledo Espinoso (*Amaranthus spinosus*), Caperonia (*Caperonia palustris*), Bicho (*Assia tora*), Amor Seco (*Bidens pilosa*).



Dormidera (*Mimosa púdica*)



Uña de gato (*Fagara pterota*)



Bejuco de Sapo (*Sarcostemma clausum*)



Balsamina (*Momordica charantia*)

Continúa...

*Continuación*



Verdolaga (*Portulaca oleracea*)



Escobilla (*Sida acuta*)



Berbena (*Heliotropium indicum*)



Pringamosa (*Urena baccifera*)



Cadillo Rabo de Rata (*Achyranthes indicus*)



Topotoropo (*Physalis angulata*)



Cadillo de Bolsa (*Priva lappulacea*)



Bledo Espinoso (*Amaranthus spinosus*)

*Continúa...*

*Continuación*



Caperonia (*Caperonia palustris*)



Bicho (*Assia tora*)



Amor Seco (*Bidens pilosa*)

**Figura 34.** Principales especies de arvenses de hoja ancha que pueden proliferar en un sistema silvopastoril.

Gramíneas

Paspalum (*Paspalum distichum*), Hierba Agria (*Paspalum conjugatum*), Gramalote (*Paspalum fasciculatum*), Grama (*Paspalum distichum*).



Paspalum (*Paspalum distichum*)



Hierba Agria (*Paspalum conjugatum*)



Gramalote (*Paspalum fasciculatum*) Grama (*Paspalum distichum*).



**Figura 35.** Principales especies arvenses gramíneas que pueden proliferar en un sistema silvopastoril.

Ciperáceas

Estrellita (*Dichromena ciliat*), Cortadera (*Cyperus odoratus*), Coquito (*Cyperus esculentus*).



Estrellita (*Dichromena ciliat*)



Cortadera (*Cyperus odoratus*)



Coquito (*Cyperus esculentus*).

**Figura 36.** Principales especies arvenses ciperáceas que pueden proliferar en un sistema silvopastoril.

**Formas de control de arvenses (malezas)**

Con el control de malezas se busca eliminar todo tipo de vegetación herbácea o arbustiva que no sea consumida por el ganado y que pueda ser competitiva con las especies prioritarias en el sistema silvopastoril. Este control se puede llevar a cabo por métodos mecánicos o químicos cuando la propagación de estas especies alcance niveles considerables en el sistema.

- Control mecánico: Este control permite que al momento de aplicar herbicidas su efecto sea mayor pues el químico actúa sobre el rebrote (tejido en rápido crecimiento) de las plantas indeseables cortadas manualmente. Aunque el control manual tiene efecto directo sobre las malezas presentes en la

plantación de hoja visible, no impide la reaparición de éstas uno o dos meses después, lo cual está asociado a la presencia de semillas en el suelo o por rebrote a partir de estolones o raíces. El control mecánico se puede hacer con machete o guadaña dirigido a las especies de plantas indeseables.

- Control químico: Este control se hace normalmente después de hacer el control manual, para lo cual es necesario dirigir el herbicida seleccionado directamente a las áreas con alta proliferación de arvenses en fase de crecimiento activo. Es recomendable hacer este control con una frecuencia no mayor a una vez por año con el fin de evitar daños a especies prioritarias. Se puede usar como herbicida glifosato, a una dosis de 150 cc en 20 l de agua.

## **Podas en árboles y arbustos**

### **Definición y conceptos asociados**

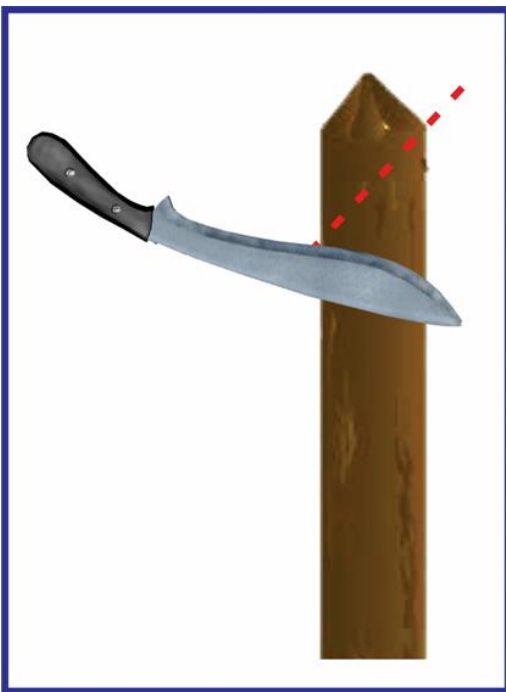
Uno de los factores que pueden afectar negativamente la producción del estrato herbáceo en un sistema silvopastoril es el sombrío generado por el estrato arbóreo y arbustivo. Al respecto se considera que en pastos tropicales un alto nivel de sombra puede afectar el crecimiento y la morfología de forma tal que se ve comprometida su producción y persistencia (Pezo, et al. 1999). Así, el control de la sombra se vuelve fundamental para aminorar los efectos negativos sobre el estrato herbáceo, siendo el principal medio de control la aplicación de un programa de podas, el cual promueve el crecimiento vertical y permite la entrada de luz.

Los arbustos forrajeros, a pesar de tener un manejo adecuado, tienden a crecer y alcanzar alturas mayores a 2 m de modo que una gran parte del forraje queda fuera del alcance de los animales, por lo que se hace necesario controlar su altura a través de la poda periódica (Ruíz et al. 1998, tomado de Alonso et al. 2003). En cuanto al estrato arbóreo las podas también permiten que los árboles adquieran una forma adecuada y que mejore la calidad de su madera aumentando el diámetro del tronco y reduciendo el tamaño de los nudos.

Por las razones anteriores la poda de árboles y arbustos es una práctica de manejo fundamental bajo cualquier sistema silvopastoril establecido, la cual garantiza la continuidad en la producción de forraje para los animales y a la vez permite valorizar la madera existente en el sistema.

### Podas en arbustos forrajeros

La poda en arbustos forrajeros se puede llevar a cabo 2 años después de sembrados, con una frecuencia no mayor a 3 veces por año, idealmente en épocas de lluvia y después de un periodo descanso asociado con el sistema de rotación empleado. La decisión de la poda dependerá de la altura en que se encuentren los arbustos en el momento, la cual debe mantenerse alrededor de 1.5 m. El corte de las ramas se debe hacer en un corte limpio de bisel de abajo hacia arriba con un machete afilado evitando al máximo desgarramientos (Figura 37).



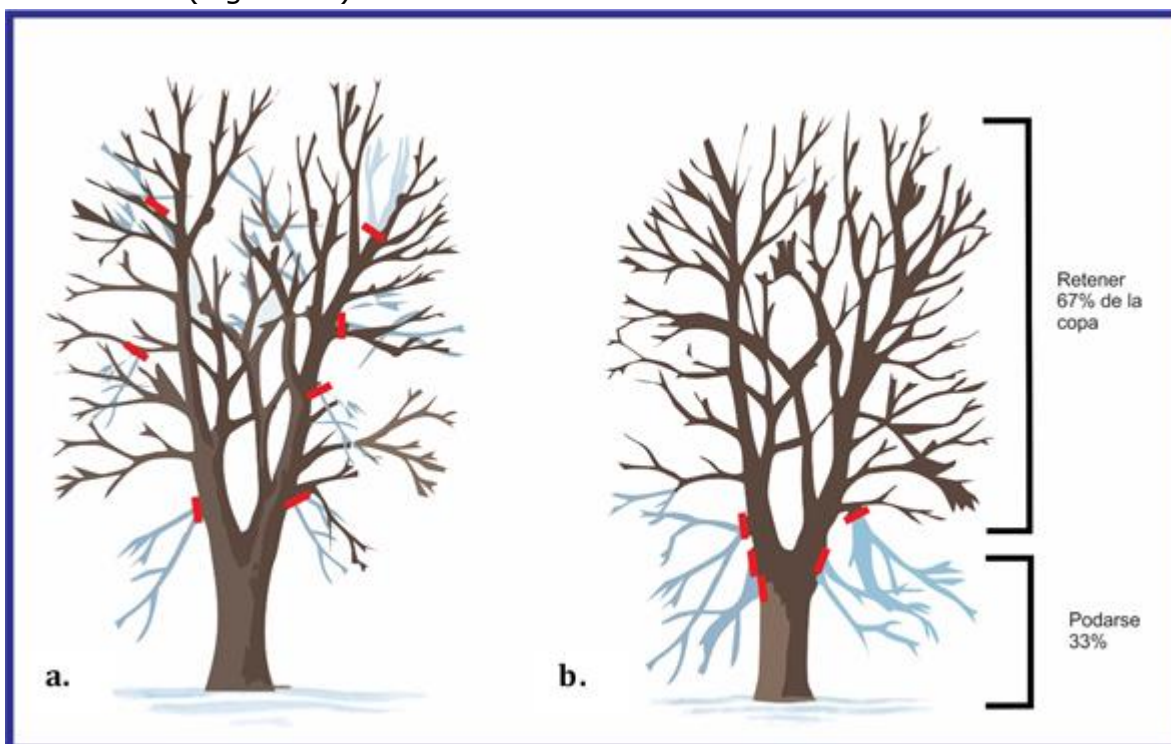
**Figura 37.** Poda en “bisel” a aplicar para un arbusto forrajero. El corte debe hacerse de abajo hacia arriba con una herramienta bien afilada.

### Podas de árboles

A través de las podas se logra la orientación del crecimiento de los árboles de modo que tengan una estructura que disminuya los riesgos de fractura de ramas y que no se afecte el tránsito de los animales. Además debido a que las distancias de siembra de los árboles en el sistema silvopastoril son amplias, el crecimiento de ramas hacia los costados se ve estimulado por lo que se hace necesaria la poda constante para mantener del nivel óptimo de sombrío. La poda de formación se puede llevar a cabo desde los 2 años, mientras que para mantenimiento se puede comenzar desde los 4 años de acuerdo a la densidad de la copa.

Se pueden llevar a cabo dos tipos de poda (Bedker et al., 2012):

- Las de **adelgazamiento de la copa**, donde se cortan ramas de forma selectiva en toda la copa del árbol para mejorar la entrada de la luz, evitando futuras roturas conservando y favoreciendo el desarrollo del árbol. Bajo este sistema de poda no se debe cortar más del 25% de la copa (Figura 13).
- Las de **elevación de la copa** cortando las ramas inferiores del árbol, lo que facilita el tránsito de los animales y al igual la entrada de luz. Bajo este método se deben mantener las ramas vivas de los dos tercios superiores del árbol (Figura 38).



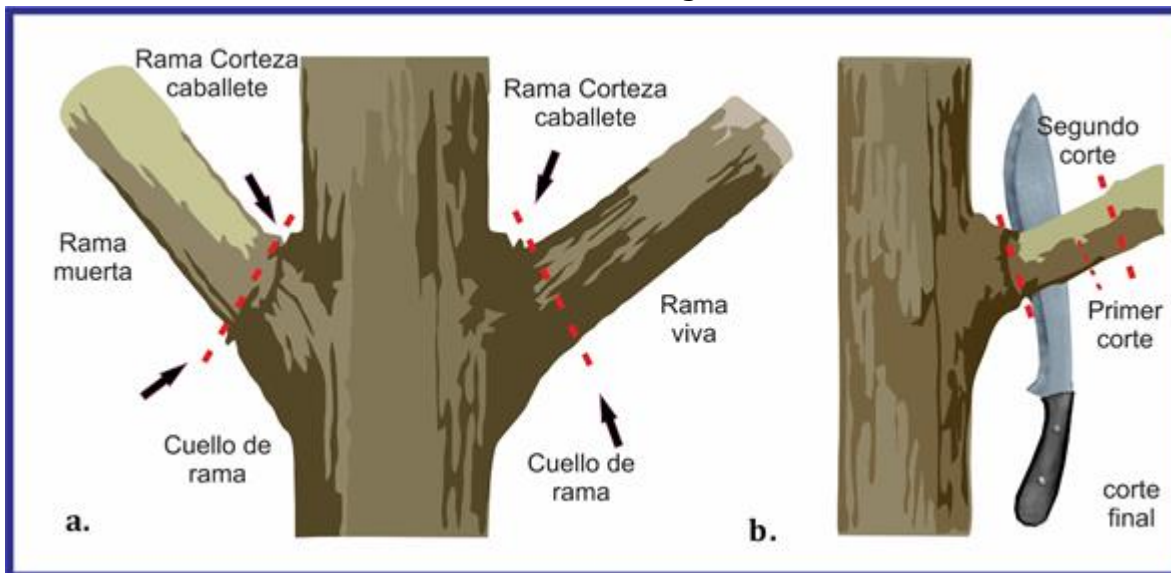
**Figura 38.** Podas de **a.** adelgazamiento de la copa y **b.** elevación de la copa. Las líneas rojas muestran los puntos de corte y las ramas en gris son las consideradas para la poda. Adaptado de Bedker et al. (2012)

Los cortes en las podas deben hacerse eliminando solo el tejido de las ramas sin alterar el tejido del tallo, lo cual facilita la cicatrización de la herida. De esta manera para las ramas vivas el corte debe hacerse conservando el cuello de la rama en la parte inferior de esta y en la parte superior en donde el reborde de la unión al tronco es paralelo al ángulo de la rama (Figura 39), evitando siempre hacer un corte a ras del tronco. Para las ramas muertas el corte es similar que para ramas

vivas aunque suele ser más sencillo pues es más fácil distinguir donde termina la rama y donde comienza el tronco.

Cuando las ramas a podar son grandes se deben sostener con la mano mientras se hace el corte para reducir el riesgo de desgarre de la corteza. Ya si es de un tamaño muy grande se debe hacer un corte en tres pasos de la siguiente forma y como se ilustra en la Figura 39:

- Hacer un primer corte superficial debajo de la rama más allá del cuello.
- Hacer un segundo corte completo de la rama hacia la parte externa del primero dejando un tocón.
- Hacer un tercer corte del tocón en el lugar donde debería ir el corte final.



**Figura 39. a.** lugares de corte para ramas vivas y muertas. La línea punteada muestra el corte **b.** Método de tres pasos para corte de ramas gruesas. Adaptado de Bedker et al. (2012)

No se recomienda hacer reducción de la altura de la copa con corte de las ramas superiores, esto facilita la pudrición, tampoco es recomendable el corte parcial de las ramas entre los nudos para reducir el tamaño de la copa.

## Capítulo VII

### Costos de establecimiento

Los costos de establecimiento de un sistema silvopastoril van a variar en función del estado de degradación del suelo en el que se encuentra el terreno a intervenir, determinando el empleo de correctivos y de labranza para su adecuación. El arreglo espacial de las especies leñosas también va influir en los costos, ya que de este depende el método de siembra a emplear, y por consiguiente el requerimiento de mano de obra. De manera ilustrativa se presentan los costos de establecimiento de los dos modelos silvopastoriles producto del trabajo de CORPOICA en municipios de los departamentos de Córdoba y Atlántico (Tablas 18 y 19)

**Tabla 18.** Costos de establecimiento para una hectárea del modelo silvopastoril 1

Rubro	Valor (\$)	Participación (%)
Insumo agrícola y Pecuarios	\$ 543.448	24
Materiales Agrícolas y Pecuarios	\$ 491.000	22
<b>Total Insumo y Materiales</b>	<b>\$ 1.034.448</b>	<b>46</b>
Mano de Obra no Calificada	\$ 25.000	23
<b>Total Mano Obra no Calificada</b>	<b>\$ 525.000</b>	<b>23</b>
Mano de Obra Calificada	\$ 366.000	16
<b>Total Mano de Obra Calificada</b>	<b>\$ 366.000</b>	<b>16</b>
Arrendamiento de maquinaria y equipo	\$ 320.000	14
<b>Total Costos Indirectos</b>	<b>\$ 320.000</b>	<b>14</b>
<b>Total Costo Año Ha</b>	<b>\$ 2.245.448</b>	

Para el establecimiento de una hectárea del modelo silvopastoril 2 se requieren aproximadamente \$ 2'540.274, con precios de Candelaria (Atlántico). Los ítems que componen este valor se presentan en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Costos de establecimiento para una hectárea del modelo silvopastoril 2.

Rubro	Valor (\$)	Participación (%)
Insumo Agrícola y Pecuarios	\$ 857.998	34
Materiales Agrícolas y Pecuarios	\$ 741.052	29
<b>Total Insumos y Materiales</b>	<b>\$ 1.599.051</b>	<b>63</b>
Mano de Obra no Calificada	\$ 493.500	19
<b>Total Mano Obra no Calificada</b>	<b>\$ 493.500</b>	<b>19</b>
Mano de Obra Calificada	\$ 10.323	0,4
Arrendamiento de maquinaria y equipo	\$ 437.400	17
<b>Total Costos Indirectos</b>	<b>\$ 447.723</b>	<b>18</b>
<b>Total Costo Año Ha</b>	<b>\$ 2.540.274</b>	

## Bibliografía

- Aletor VA and Omodara OA (1994). Studies on some leguminous browse plants, with particular reference to their proximate, mineral and some endogenous anti-nutritional constituents. *Animal Feed and Technology* 46:343-348.
- Alonso, J. Ruiz, T. Febles, G. Achan, G. (2003). Comparación de métodos de poda en un sistema silvopastoril Leucaena-guinea. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 37, No. 4.
- Altieri M. (1995) *Agroecology. The science of sustainable agriculture*. WestviewPress. London. pp 433.
- Amezquita, E. (1998). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. En: *Memorias Encuentro Nacional de Labranza de Conservación*. Villavicencio, Colombia. pp. 145-174.
- Bedker, P. O'Brien, J. Mielke, M. (2012). *How to Prune Tees.*, Department of Agriculture, Forest Service. Estados Unidos.
- Belsky AJ Amundson RG, Duxbury JM, Riha SJ, Ali AR and Mwonga SM (1989) The effects of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. *Journal of Applied Ecology* 26:1005-1024
- Belsky AJ (1992) Effects of trees on nutritional quality on understorey graminous forage in tropical savannas. *Tropical Grasslands* 26:12-20.
- Belsky AJ, Mwonga SM and Duxbury JM (1993) Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understorey environments in tropical savannas. *Agroforestry Systems* 24:1-20.
- Belsky AJ (1994) Influences of trees on savanna productivity: Tests of shade, nutrients and tree-grass competition. *Ecology* 75 (4):922-932.
- Cameron DM, Gutteridge RC and Rance SJ (1991) Sustaining multiple production systems. 1. Forest and fodder trees in multiple use systems in the tropics. *Tropical Grasslands* 25:165-172.
- Cajas-Girón YS and Sinclair FL (2001) Characterisation of multistrata silvopastoral systems on seasonally dry pasture in the Caribbean region of Colombia. *Agroforestry Systems* 53:215-225.
- Cajas-Girón Y.S. (2002). Impacts of tree diversity on the productivity of silvopastoral systems in seasonally dry areas of Colombia. PhD thesis, University of Wales, Bangor. UK. 214 pp.
- Cajas-Girón Y.S. (2006). Implementación de sistemas silvopastoriles para producción más limpia en el sector ganadero del departamento de Córdoba. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Córdoba Colombia.

- Cajas-Girón Y.S., Barragan, W., Abuabara, Y., Amezquita, P., Panza, B., Soto, R., Galvis, J., Hurtado, M., y Lascano, C. (2011). Manual de buenas prácticas para el manejo de suelos y praderas en la región Caribe de Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia.
- Cajas Girón, Y.S. (2011). Valoración integral de los beneficios de Sistemas Silvopastoriles de estratos múltiples sobre la sostenibilidad del suelo y la productividad animal en el Sistema doble propósito de la región Caribe. Informe técnico final. Convenio 057 de 2007. C. I. Turipaná. Cereté – Córdoba (Colombia).
- Cannell M. (1985). Dry matter partitioning in tree crops. En: Canell, M. Jackson, J. Attributes of trees as crop plants. ITE. Edinburgh. pp 592.
- Castillo, A. Ligarreto, G. Garay. E. (2008). Producción de forraje en los pastos *brachiaria decumbens* cv. Amargo y *brachiaria brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del piedemonte llanero colombiano. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 61(1):4336-4346.
- CATIE. (1991). *Leucaena leucocephala* (Lam. De Wit.) Especie de árbol de uso múltiple en américa central. Turrialba, Costa Rica.
- CONIF, MADR Y PROAGRO (2002). Manual de viveros forestales. Serie de documentación No. 45. Bogotá, Colombia.
- Cordero, J. Boshier, D. (2003). Árboles de Centroamérica: un Manual para Extensionistas.
- Cuesta, P. Mateus, H. Cajas, Y. Martínez, J. Sánchez, C. (2005). Procesos tecnológicos para la renovación de praderas degradadas en las regiones caribe y valles interandinos. En: Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos, Corpoica, 2005. Pag. 29 – 40.
- De Leeuw, P. Chara, P. (1985). Species preferences in browse of sheep and goats in Mixed Massai flocks in Eastern Kajiado, Kenya. Memorias del 4th CRSP workshop on small ruminants in Kakamega, Kenya. March 1995. pp 252-261. ILCA, Nairobi, Kenya.
- Delgadillo, M. (2011). Metodología para realizar y presentar los informes de sobrevivencia inicial (isi) de las plantaciones forestales comerciales (aspectos técnicos). Comisión Nacional Forestal. Coordinación general de producción y productividad. Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales.

- Escalante, E. (1995). The role of fodder trees in agroforestry systems in Venezuela. En: Daniel, J. Roshetko, J. Nitrogen fixing trees for fodder production. Proceedings of an International Workshop. Winrock International. pp 259.
- Estrada, J. (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ed. Universidad de Caldas. Quindío.
- Everist, S. (1969). Use of fodder trees and shrubs. Queensland Department of Primary Industry Advisory Leaflet. Nº. 1024.
- Franco, Q. Luis, H. (2005). Manual de Establecimiento de Pasturas Proyecto: evaluación de tecnologías por métodos participativos para la implementación de sistemas ganaderos sostenibles en el norte del departamento del Valle del Cauca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
- Gutteridge, R. Shelton, H. (1994). The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. En: Gutteridge, R. Shelton, H Forage tree legumes in tropical agriculture, Cab International. Wallingford. pp 389.
- Holmann, F., Argel, P., Rivas, L., White, D., Estrada, R., Burgos, C., Perez, E., Ramirez, G y Medina, A. (2004). ¿Vale la pena recuperar pasturas degradadas? Una evaluación desde la perspectiva de productores y extensionistas en Honduras. CIAT, DICTA e ILRI. Cali.
- ICA-IGAC. (1986). Zonificación agroecológica de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá DC. 54 pp.
- Jackson, L. Straus, R. Firestone, M. Bartolome, J. (1990). Influence of tree canopies on grassland productivity and nitrogen dynamics in deciduous oak savanna. Agriculture, Ecosystems and Environments 32: 89-105.
- Lascano, C. Perez, R. Plazas, C. Medrano, J. y Argel, P. (2002). Cultivar Toledo – *Brachiaria brizantha* (Accesion CIAT 26110): Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. CORPOICA-CIAT. Colombia.
- Mahecha, L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Rev Col Cienc Pec Vol. 15: 2.
- Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. Rev Col Cienc Pec Vol. 16: 1.
- McKell, C. (1980). Multiple use of fodder trees and shrubs – a worldwide perspective. En: Le Houerow, H. Browse in Africa. ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, pp. 141-150.
- Mead, D. (1995). The role of agroforestry in industrialised nations: the southern hemisphere perspective with special emphasis on Australia and New Zealand. Agroforestry systems 31: 143-156.

- Meisel, A. Perez, J. (2006). Geografía física y poblamiento en la costa caribe colombiana. Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional No. 73. Banco de la Republica.
- Napier, I. (1985). Técnicas de viveros forestales conferencia especial a Centroamérica. ESCANIFOR. Siguatepeque, Honduras, C.A. (5): 274.
- Orwa, C, Mutua, A. Kindt, R. Jamnadass, R. Simons, A. (2009). Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0 (<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>)
- Parrotta, J. (1992). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit Leucaena, tantan. SO-ITFSM-52. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.
- Pezo, D. Ibrahim, M. (1999). Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal no 2. 2ed. Turrialba, CR, CATIE-GTZ. 275p.
- Polanco, M. (2007). Maquinaria y mecanización agrícola. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá Colombia.
- Pulido, I. Mandius, R. Rivero, T. Duarte, O. (2002). Atlas de los sistemas de producción bovina. Modulo región Caribe. Plan de modernización tecnológica de la ganadería bovina colombiana. Bogotá (Colombia). Corpoica.
- Radwanski, S, Wickens, G. (1967). The ecology of *Acacia albida* on mantle soils in Zalingei, Jebel Marra, Sudan. Journal of Applied Ecology 4: 569-578.
- Robinson, P. (1985). Trees as fodder crops. En: Cannell, M. Jackson, J. Trees as crop plants. Huntingdon, England. 281 pp.
- Rosales, M. Gill, M. (1997). Tree mixtures within integrated farming systems. Livestock Research for Rural Development 9 (4): 1-10.
- Sánchez, M. Rosales, M. (2003). Agroforestería para la Producción Animal en América Latina - II - Memorias de la Segunda Conferencia Electrónica. ESTUDIO FAO PRODUCCIÓN Y SANIDAD ANIMAL. 155. Dirección de Producción y Sanidad Animal FAO. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.
- Sánchez, P. (1995). Science in Agroforestry. En: Sinclair, F. Agroforestry Science, Policy and Practice. Selected papers from the agroforestry sessions of the IUFRO 20th World Congress, Tampere, Finland, 6-12 August, 1995. Kluwer Academic Publishers. London. 5-55 pp.
- Serrão, E. Toledo, J. (1992). Sustaining Pasture-based production systems for the humid tropics. In: Development or destruction. The conversion of tropical forest to pasture. En: Downing, T. Hecht, B. Pearson, H. Garcia-Downing, C. Latin America. Westview Press-Boulder. San Francisco-Oxford.

- Sharrow, S. (1999) Silvopastoralism: Competition and facilitation between trees, livestock, and improved grass-clover pastures on temperate rainfed lands. En: Buck, L. Lassoie, J. Fernandez, E. Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems, CRC Press, USA. Pp 111-130.
- Silvoenergía. (1986). Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No 86. Turrialba. Costa Rica.
- Skerman, P. (1977) Tropical forage legumes. Rome. FAO.
- Somarriba, E. (1988). Pasture growth and floristic composition under the shade of guava (*Psidium guajava L.*) trees in Costa Rica. Agroforestry Systems 6: 153-162.
- Wilson, J. Catchpoole, V. Weier, K. (1986). Stimulation of growth and nitrogen uptake by shading a rundown green panic pasture on Brigalow clay soil. Tropical Grasslands 20: 134-143.
- Young. A. (1997). Agroforestry for Soil Management. Second Edition. CAB International, Wallingford, UK.



**siembra**