



FEDEGAN
FONDO NACIONAL DEL GANADO **FNG**

CAPACITACIÓN EN ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS SILVOPASTORILES



Capacitación en establecimiento de sistemas silvopastoriles



**Autores**

Andrés Felipe Zuluaga S.
Álvaro Zapata Cadavid
Fernando Uribe T.
Enrique Murgueitio R.
César Cuartas
Juan Fernando Naranjo
Carlos Hernando Molina
Luis Hernando Solarte
Liliana María Valencia

Revisión textos

Héctor Jose Anzola Vázquez. Fedegán- FNG
Camilo Arias Uscátegui. Fedegán- FNG

ISBN 978-958-8498-27-0


Bogotá, junio de 2011



CONTENIDO

Establecimiento de sistemas silvopastoriles

1. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA GANADERÍA CONVENCIONAL	
Y BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	38
1.1. Impactos ambientales de la ganadería convencional	38
1.2. Beneficios de los sistemas silvopastoriles	39
1.2.1 Reciclaje de nutrientes y conservación de la fertilidad del suelo	40
1.2.2 Fijación de nitrógeno y fertilidad del suelo	40
1.2.3 Conservación y regulación de las aguas	40
1.2.4 Alimento para el ganado	40
1.2.5 Conservación de la biodiversidad	41
1.2.6 Sombra	41
1.2.7 Producción de madera y frutos	42
1.2.8 Captura de carbono y Cambio Climático	42
2. ARREGLOS SILVOPASTORILES	43
2.1. Sistema Silvopastoril Intensivo	43
2.2. Árboles dispersos en potreros	45
2.3. Manejo de la Regeneración Natural	46
2.4. Cercas Vivas	47
2.4.1 Corrales vivos para el manejo del ganado	48
2.5. Barreras Rompevientos	50
2.6. Bancos Mixtos de Forraje	50
3. PROTOCOLO PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO (SSPI) CON LEUCAENA Y ÁRBOLES MADERABLES. COSTOS Y ANÁLISIS FINANCIERO ...	53
3.1. Selección de la finca	53
3.2. Análisis de suelo	53
Cuidados al tomar muestras del suelo	54
3.3. Preparación de suelo	54
3.3.1 Poda y entresaca de árboles	54
3.3.2 Primer pase de rastra	54
3.3.3 Subsuelo	54
3.3.4 Segundo pase de rastra	54
3.3.5 Construcción de caballones	55
3.4. Siembra de la leucaena	55
3.4.1 Preparación de la semilla para la siembra	55
Escarificación	55
Inoculación	55
Secado y peletización	56



3.5. Siembra	56
3.6. Resiembra	56
3.7. Control de arvenses	56
3.8. Siembra de pasto	57
3.9. Siembra de árboles maderables	57
3.10. Podas de formación de árboles maderables	57
Puntos críticos de control	57
3.11. Costos de establecimiento y análisis financiero	58
4. BIBLIOGRAFÍA	61



1. IMPACTOS AMBIENTALES DE LA GANADERÍA CONVENCIONAL Y BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.

Álvaro Zapata Cadavid

1.1. Impactos ambientales de la ganadería convencional.

La ganadería, y sus efectos medioambientales, cobra importancia mayor al considerar la gran extensión de tierras dedicadas a esta actividad: alrededor del 27%¹ de la superficie total de tierras del planeta se dedica a pastizales. En el caso específico de Colombia este porcentaje es aún mayor: aproximadamente 35%. El manejo que se dé a la ganadería, tendrá por lo tanto enormes consecuencias (positivas o negativas) sobre los recursos naturales y la problemática ambiental del planeta.

El manejo ganadero tradicional en Colombia y en gran parte del planeta se ha

basado únicamente en pasturas –gramíneas-, establecidas en muchos casos en terrenos anteriormente ocupados por selvas y bosques de diverso tipo. Puede afirmarse que en términos generales este modelo ganadero convencional con base únicamente en pastos ocasiona un proceso progresivo de degradación ambiental, que afecta la fertilidad de los suelos y otros recursos naturales como agua y biodiversidad. Con suma frecuencia se termina por dañar la capacidad de generar riqueza de los territorios que ocupa; se pierde la rentabilidad y competitividad de la actividad ganadera.



Tumba y quema de bosques naturales para establecer pasturas.



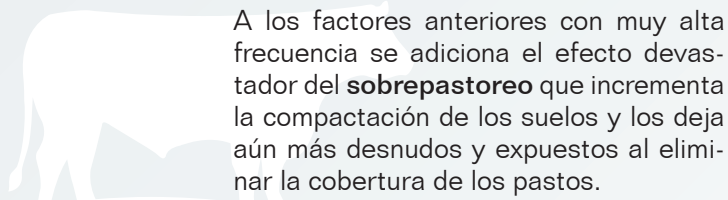
Los procesos de degradación ambiental y especialmente el progresivo deterioro de los suelos, asociados con el enfoque ganadero convencional en buena parte se debe a factores inherentes al sistema mismo de pasturas:

Suelos poco cubiertos, expuestos a los rayos directos del sol y al impacto no mitigado de las gotas de lluvia. No existe la presencia de árboles y arbustos que con sus copas actúan como sombrilla (paraguas y parasol).

Ausencia de hojarasca producida por los árboles que contribuye a cubrir el suelo, a regular el impacto de las gotas de lluvia y el flujo de agua y que es fuente de nutrientes para la superficie del suelo (ciclaje de nutrientes).

Ausencia de los árboles que con sus raíces fuertes y largas perforaban el suelo en busca de sustento, nutrientes y agua. Estas raíces contribuyen a combatir la compactación de los suelos y su actividad es la base del ciclaje de nutrientes.

1. LEAD, FAO, 2009. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones.



A los factores anteriores con muy alta frecuencia se adiciona el efecto devastador del **sobrepastoreo** que incrementa la compactación de los suelos y los deja aún más desnudos y expuestos al eliminar la cobertura de los pastos.

El modelo ganadero de sólo pastos no contribuye a la regulación y conservación de las aguas. Los suelos bien conservados, y su hojarasca, cumplen una gran función de regulación hídrica: actúan como una esponja que captura el agua en la época de lluvias y la liberan lentamente en la sequía. Por el contrario, cuando se presentan las lluvias en los suelos explotados con pasturas, poco cubiertos y compactados, el suelo no retiene las aguas, las cuales arrastran el suelo fértil. Se pierde el mejor suelo y

este se va a contaminar y a llenar con sedimentos el lecho de los ríos y quebradas. Y en el verano estos suelos pierden con gran velocidad la poca humedad que han logrado retener. Las pasturas se extienden hasta la orilla misma de ríos y quebradas, lo que facilita la contaminación y sedimentación de los mismos con el arrastre ocasionado por las lluvias.

La conservación de la biodiversidad está íntimamente asociada con una alta presencia de árboles (los que a su vez forman parte de la biodiversidad). La ganadería convencional con su énfasis en el monocultivo de pastos crea condiciones adversas para la conservación de uno de los grandes recursos naturales de Colombia que es su biodiversidad.

1.2. Beneficios de los sistemas silvopastoriles.

Los sistemas silvopastoriles son la herramienta que nos permite obtener una ganadería eficiente en términos de producción de carne y leche, de rentabilidad y competitividad, y de conservación de los recursos naturales. Con los sistemas silvopastoriles se puede lograr la conservación (y la recuperación) productiva del capital natural de la finca y del país.

Los sistemas silvopastoriles pueden incluir numerosas especies de árboles y arbustos con diferentes características y bondades: especies útiles como maderables, productores de leña y carbón, alimento para el ganado, frutales, ornamentales, melíferos, etc., que ayudan a la conservación y fertilidad de los suelos. Pero no se debe olvidar que el objetivo principal de asociar árboles y pasturas es el establecimiento de un medio ambiente que permite una ganadería eficiente en producción de alimentos y de ingresos y que además conserva los suelos y todos los recursos naturales.

Son numerosos los beneficios de los sistemas silvopastoriles y ello dependerá del sistema específico que se establezca y de la especie o especies de árboles que formen parte de dicho sistema.



Los árboles dentro de los potreros proporcionan múltiples beneficios.



A continuación se presentan algunos de los beneficios que se pueden lograr con un adecuado establecimiento y manejo de los sistemas silvopastoriles.

1.2.1. Reciclaje de nutrientes y conservación de la fertilidad del suelo.

Los árboles además de “cubrir” el suelo cumplen la gran función de extraer nutrientes de las partes profundas del suelo y ponerlos sobre la superficie, a disposición de los pastos o del cultivo asociado. Esta capacidad se denomina reciclaje de nutrientes. El árbol utiliza los nutrientes del suelo para su propio crecimiento y desarrollo; buena parte de esos nutrientes pasan a la superficie del

suelo cuando las ramas y hojas caen, se descomponen y se convierten en abono. Nutrientes situados en capas profundas del suelo pasan a la superficie, disponibles para los pastos. Todas esas ramas y hojarasca contribuyen a mejorar la productividad del suelo de forma sostenible y favorecen el crecimiento de las hierbas deseables.

1.2.2 Fijación de nitrógeno y fertilidad del suelo.

El nitrógeno es indispensable para el crecimiento de las plantas. Muchas especies de plantas y árboles permiten incrementar en el suelo la presencia de este importante elemento. Estas plantas, especialmente de la familia de las leguminosas, tienen la valiosa capacidad de **fijar nitrógeno atmosférico**: las raíces de estas plantas forman una sociedad, simbiosis, con bacterias llamadas **Rhizobium** las cuales pueden tomar, **fijar**, el nitrógeno del aire² presente en los poros

del suelo. Este nitrógeno beneficiará a la planta asociada con estas bacterias y finalmente el beneficio se extiende a los pastos o cultivos aledaños. Forman parte de la familia de las leguminosas árboles como los guamos, leucaena, chachafruto, samán, piñon (orejero), carbonero y pequeñas plantas como el frijol y la soya. Con una alta presencia de leguminosas en los cultivos o pasturas se disminuye la necesidad de fertilizantes nitrogenados como la urea.

1.2.3 Conservación y regulación de las aguas.

Las raíces de los árboles perforan los suelos, los “ablandan”, combaten la compactación, lo que facilita la aireación y la capacidad del suelo de almacenar agua. En la superficie la hojarasca impide el arrastre de la tierra fértil que ocasiona la lluvia cuando el suelo está descubierto. La hojarasca actúa además como una esponja que retiene y almacena el agua, parte de la cual será liberada durante los

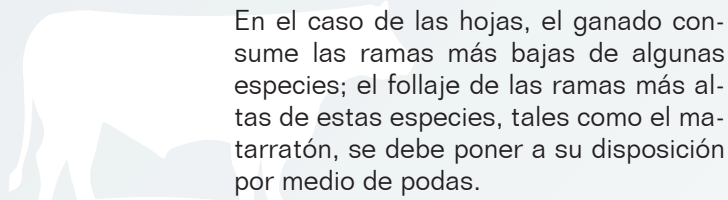
periodos secos. El follaje de los árboles, sus copas -y la hojarasca- no permiten que los rayos del sol peguen directamente sobre el suelo con lo que se disminuye la pérdida de agua por evaporación. Todo lo anterior hace que los suelos con una buena cubierta arbórea cumplan una gran función de regulación hídrica y sean menos afectados por los grandes aguaceros o por los periodos de sequía.

1.2.4 Alimento para el ganado.

Las hojas o frutos de numerosos árboles son consumidos por el ganado; con mucha frecuencia poseen un valor nutricional muy superior al de los pastos y se constituyen en un gran complemento de los mismos. Otra ventaja adicional –especialmente en las zonas de fuerte se-

quía- es que muchos árboles conservan sus hojas o producen sus frutos en la época de verano cuando el ganado más lo necesita. Los frutos caen al suelo en forma natural en donde son consumidos por el ganado (por ejemplo samán, guayabas, trupillo).

2. El aire contiene 79% de nitrógeno.



En el caso de las hojas, el ganado consume las ramas más bajas de algunas especies; el follaje de las ramas más altas de estas especies, tales como el matorrón, se debe poner a su disposición por medio de podas.

En el caso del SSPi leucaena – pastos, el árbol de leucaena, establecido en alta densidad, se maneja de forma tal que su follaje –de gran valor nutritivo– es consumido, ramoneado, directamente por el ganado.

1.2.5 Conservación de la biodiversidad.

Los árboles crean el ambiente adecuado para que muchas otras especies puedan vivir y multiplicarse: proveen alimentos (hojas, frutos, polen), sombra, sitios para anidar y para refugio, para desplazamiento y descanso, indispensables para la conservación de la biodiversidad. Muchos de los animales que visitan los árboles cumplen una gran función de dis-

persión de las semillas de los frutos que consumen, aspecto muy importante para los procesos de regeneración natural. En un país como Colombia, uno de los más ricos del mundo en biodiversidad, las medidas que favorezcan su conservación deben ser prioridad de ganaderos y agricultores.

1.2.6 Sombra.

Los bovinos expuestos a los rayos directos del sol se ven afectados por lo que se denomina estrés calórico en las horas más cálidas del día; el consumo de alimento se frena y por ende la producción de leche y carne. La sombra de los árboles mitiga el impacto de los rayos directos del sol; los animales –y el ser humano– encuentran refugio para protegerse durante las horas más inclementes. La

temperatura bajo los árboles puede fácilmente ser inferior en 3° centígrados (o aún más) comparada con las áreas expuestas a los rayos del sol. La frescura que proporciona la sombra de los árboles permite que el ganado consuma los pastos y lleve a cabo su digestión con mayor comodidad, con lo que se logra un mejor aprovechamiento del alimento (mejor eficiencia alimenticia).



Los árboles en los potreros generan condiciones micro climáticas favorables para los animales.

Con los sistemas silvopastoriles se maneja una sombra que permite un desarrollo adecuado de los pastos y que se extiende a todo el potrero (no se limita a unos pocos árboles para sombra). Estos

niveles moderados de sombra permiten además que los organismos del suelo, indispensables para conservar la fertilidad del mismo, se conserven y trabajen con mayor eficiencia.



1.2.7 Producción de madera y frutos.

Con un adecuado diseño y manejo de los sistemas silvopastoriles se puede lograr que la madera se convierta en una fuente de ingresos importante, que en algunos casos pueden ser superiores inclusive a la misma ganadería. La madera es un recurso de demanda creciente y el valor de las maderas finas –con producción sostenible– es muy alto y crece en la medida en que muchas especies valiosas se han casi que extinguido. La ganadería puede –y debe– convertirse en una gran industria productora de madera, para las necesidades de la finca misma y para el mercado.

Los árboles frutales también pueden jugar un papel importante en los sistemas silvopastoriles. Son fuente de alimento para la familia, para el ganado y con una buena cantidad y manejo de ellos se pueden producir excedentes para la venta. Especies como la guayaba y el mango pueden perfectamente asociarse con las pasturas.



Los frutos de los árboles son fuente de alimento en épocas críticas.

1.2.8 Captura de carbono y Cambio Climático.

Existe una creciente necesidad de desarrollar sistemas que permitan capturar el carbono liberado por la utilización de combustibles fósiles y por la destrucción de las selvas. El carbono liberado por las actividades mencionadas es la causa principal del denominado Cambio Climático que cada día con más evidencia amenaza la estabilidad del planeta. La ganadería por medio de los sistemas silvopastoriles puede jugar un gran papel en la lucha contra el cambio climático. El crecimiento de los árboles y plantas en general es en gran parte un proceso de captura de carbono: el carbono presente en el CO₂ del aire es capturado e incorporado por las plantas en su proceso de fotosíntesis. De lo anterior se desprende que los sistemas silvopastoriles, compuestos por una gran cantidad de árboles, además de los numerosos beneficios mencionados están capturando carbono que queda atrapado en los troncos y biomasa de los árboles.

Uno de los efectos principales del cambio climático es la presentación de fenómenos como sequías y fuertes aguaceros con mayor frecuencia y con mayor intensidad. Los sistemas silvopastoriles con relación al cambio climático cumplen una doble función: combaten el cambio climático (por medio de la captura de carbono) y preparan la finca para afrontar (mitigación) las consecuencias de dicho cambio.

El uso de árboles perennes de raíces profundas en los potreros, reducen la vulnerabilidad de los ganaderos a los cambios climáticos, debido a que son tolerantes a la sequía, actúan como barreras de viento y dan sombra. Además, su uso permite una producción más estable de forraje durante las estaciones secas. De acuerdo con un análisis llevado a cabo en Colombia, el cual comparó los modelos de producción ganaderos tradicional y silvopastoril en cuanto al nivel de emisiones de Gases de Efecto Invernadero



- GEI's, se encontró que el modelo que incluye arbustos forrajeros, como en este caso la *Leucaena leucocephala*, contribuye en la disminución de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4) por medio de diferentes vías como la mejo-

ra en la calidad de forraje, en términos de porcentaje de digestibilidad, mejor productividad por animal, generando un mejor balance entre área utilizada para el pastoreo y $\text{Kg CO}_2\text{e}^3$, además la disminución de fertilizantes nitrogenados.

2. ARREGLOS SILVOPASTORILES.

Andrés Felipe Zuluaga S.

Aunque el modelo ganadero convencional ha privilegiado el uso exclusivo de gramíneas, en los últimos años se ha investigado en diferentes modelos agroforestales pecuarios que asocian árboles y arbustos forrajeros con las gramíneas. Los sistemas silvopastoriles son una alternativa para la producción pecuaria en donde se integran en un mismo espacio leñosas perennes (árboles y arbustos) con plantas de crecimiento herbáceo (gramíneas, leguminosas rastreras y arvenses)⁵ y animales. El silvopastoreo es un tipo de agroforestería que asocia animales que pastan directamente entre árboles

o bajo ellos. Los árboles pueden ser de vegetación natural o plantados con fines maderables, para productos industriales (eg. caucho, palma de aceite), frutales, forrajeros o árboles multipropósito⁶.

A continuación se describirán los principales arreglos silvopastoriles que se han implementado en Colombia; sin embargo, es importante tener en cuenta que existe una amplia gama de combinaciones y especies de árboles y arbustos que se pueden utilizar, acorde con las condiciones agroecológicas, socioeconómicas y culturales de cada región de nuestro país.

2.1. Sistema Silvopastoril Intensivo.

El sistema silvopastoril intensivo utiliza de mediana a alta densidad de árboles o arbustos, buscando la máxima producción por unidad de área a través de la incorporación de un estrato arbustivo para ramoneo y en algunos casos un estrato arbóreo multipropósito (maderables, frutales, sombra, etc.) en asocio con gramíneas.

Las especies más utilizadas para ramoneo directo son la *Leucaena leucocephala* y el Botón de Oro *Tithonia diversifolia*, porque tienen períodos

de recuperación similar a las gramíneas, tallos flexibles y gran capacidad de rebrote; sin embargo existen otras especies que soportan el ramoneo directo y que se acomodan a períodos de descanso más amplios de los potreros como la *Cratylia argentea*, el Guácimo *Guazuma ulmifolia* y otra gran diversidad de especies que utilizan tradicionalmente algunos productores y las cuales representan una oportunidad de investigación para el futuro.

3. CO_2eq : Unidad homogénea para valorar los volúmenes de gases de efecto invernadero – GEIs. Por ejemplo, el aporte de Metano (CH_4) es 21 veces superior al del CO_2 ; el aporte de Óxido Nitroso (N_2O) es 310 veces superior al del CO_2 .

4. Guerra, 2009. Principales incidencias del cambio climático en la ganadería colombiana.

5. Ibrahim, M., Pezo, D. 1998. Sistemas Silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. CATIE, GTZ.

6. Sánchez, M. 1999. Sistemas Agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. FAO.





Silvopastoril Intensivo con Leucaena y maderables.



Silvopastoril Intensivo con Botón de Oro.

En la tabla 1 se puede observar el análisis comparativo entre un potrero de Estrella Africana *Cynodon plectostachyus* y otro potrero en donde se asocia con Leucaena. En este último se encontró una producción de 6,3 toneladas de materia seca adicionales y 2,4 toneladas adicionales de proteína por hectárea por año. De igual forma aumentó en un 23% la cantidad de energía disponible ($\text{Mcal ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

Tabla 1.
Análisis comparativo monocultivo estrella y asociación con leucaena

Variable	Monocultivo Pasto Estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>)	Asociación Leucaena + Pasto Estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>)
Biomasa (Ton MS $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	23,2	29,5
Proteína Cruda (Ton MS $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	2,5	4,1
Energía Metabolizable (Mcal $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	56.876	70.222
Calcio (Kg $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	83,2	142,32
Fósforo (Kg $\text{ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$)	74	88,81

Fuente: Molina & Uribe 2002⁷

Este aumento tiene implicaciones positivas directas sobre la producción de leche o carne. Un ejemplo de ello es la Reserva Natural El Hatoco, localizada en el municipio de El Cerrito, Valle del Cauca, de propiedad de la familia Molina Durán, en donde la producción de leche casi se duplicó entre los años 1996 y 2007 y se redujo el área dedicada a la lechería de 89 a 61 hectáreas. Esta producción de leche por hectárea igualmente se logró con 248 vacas, en comparación con 299 vacas que se ordeñaban en el año 1996. Todo este cambio estuvo sustentado en

el sistemas silvopastoril con leucaena con un estrato arbóreo de Algarrobo o Trupillo (*Prosopis juliflora*), en asocio con las gramíneas estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y Guineas Mombasa y Tanzania (*Panicum máximum*)⁸.

En el capítulo cuatro se hace un análisis financiero comparativo de cuatro sistemas de producción: Praderas degradadas, praderas mejoradas, Sistema silvopastoril intensivo y Sistema silvopastoril intensivo con maderables.

7. Molina & Uribe, 2002. Experiencias en producción limpia de ganaderías en pastoreo. En: Memorias III seminario internacional Colanta.

8. Molina & col, 2008. Carne, leche y mejor ambiente en un sistema silvopastoril intensivo con leucaena.

En: Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo.

2.2. Árboles dispersos en potreros.

En la gran mayoría de las zonas ganaderas la presencia de árboles es mínima. Existen pocas experiencias de pastoreo bajo el dosel de los árboles y más bien predominan amplias áreas descubiertas, en donde los animales se ven enfrentados a las difíciles condiciones del trópico.

Las principales incidencias positivas de los Silvopastoriles en la calidad de los suelos son: incorporación de materia orgánica y diferentes elementos minerales, mayor retención e infiltración de agua por la incorporación de cobertura arbórea,

mayor riqueza de macro y micro fauna, permitiendo descomposición, degradación, humificación y restauración de coberturas degradadas. En Colombia, los predios pioneros que iniciaron hace una década la reconversión de sus sistemas de pastoreo sin árboles son cada vez más eficientes gracias a las contribuciones múltiples de los árboles en términos de ciclaje de nutrientes básicos, en especial el nitrógeno, el hábitat más confortable para la producción y el bienestar animal y la producción de biomasa forrajera⁹.



Silvopastoril con Písamo o Búcaro (*Erythrina fusca*)



Silvopastoril con Guamos (*Inga spp.*)

Este bienestar animal se evidenció en un estudio en la cuenca del Río La Vieja, en los departamentos del Quindío y Valle del Cauca, en el cual se evaluó la influencia de los sistemas silvopastoriles sobre el comportamiento de bovinos adultos en pastoreo (alimentación, rumia y descanso). Una de las variables evaluadas fue la temperatura ambiental en tres tipos de cobertura (pasturas sin árboles, sistemas silvopastoriles intensivos y pasturas con árboles).

Se encontró que la variación entre temperaturas máximas y mínimas a lo largo del día es mayor en las pasturas sin árboles, en comparación con los sistemas que involucran árboles y arbustos en los potreros. Las pasturas sin árboles presentan en promedio mayor temperatura durante el día que las pasturas con árboles y los silvopastoriles. Los resultados sugieren que la presencia de árboles y arbustos en los potreros ganaderos generan sombra y por lo tanto, permiten que la temperatura ambiental tenga una menor fluctuación a lo largo del día en los sistemas silvopastoriles y pasturas con árboles, comparados con las pasturas a libre exposición (Figura 1)¹⁰.

9. Murgueitio & col, 2007. Adopción de sistemas agroforestales pecuarios.

En: Memorias IV congreso Latinoamericano de agroforestería pecuaria. Cuba.

10. Zuluaga & col, 2007. Influencia de los sistemas silvopastoriles sobre el comportamiento de bovinos adultos en pastoreo.



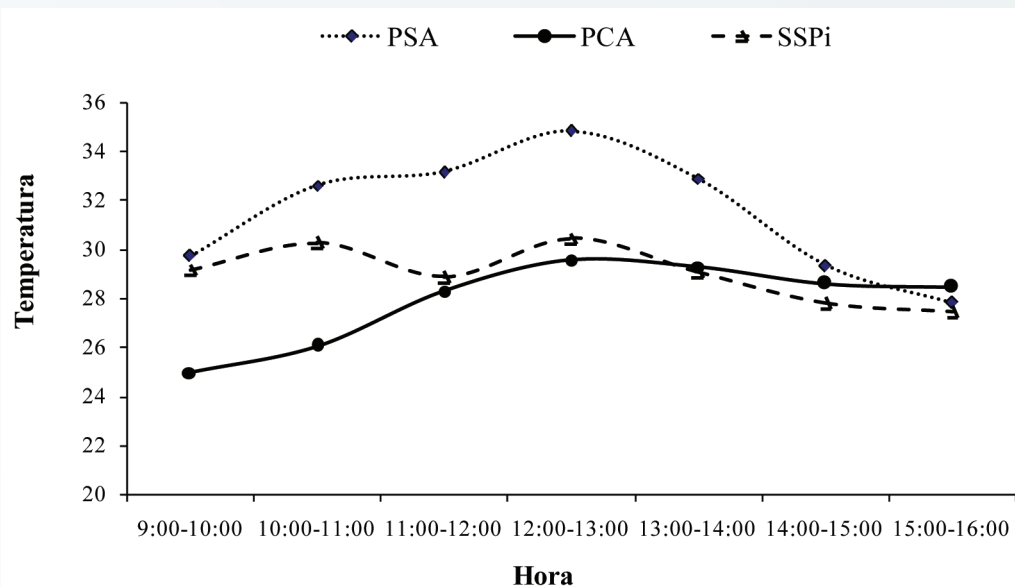


Figura 1. Variación de la temperatura ambiental desde las 09:00 hasta las 16:00 horas.

2.3. Manejo de la Regeneración Natural.

Al manejo de la Regeneración Natural también se le llama “Desmatona Selectiva”, “Restauración Ecológica asistida con fines productivos” o “Manejo de la Sucesión Vegetal”. Una buena forma de difundir diferentes especies arbóreas o arbustivas dentro de los potreros es permitir que crezcan cuando se hace el control de aquellas no deseadas, aplicando una estrategia de desmatona selectiva para llegar a tener un sistema de potreros con árboles dispersos. Consiste en permitir el desarrollo controlado de diferentes especies arbóreas o arbustivas que aparecen en los potreros sin que hayan sido sembradas por el hombre (semillas transportadas por diversos animales o por el viento). La estrategia se basa en la desmatona o chapia selectiva de los rastrojos, que permita obtener un sistema de potreros con árboles dispersos.

Las prácticas ganaderas tradicionales estimulan la desmatona generalizada, en donde sólo se permite el crecimiento del estrato herbáceo, evitando el crecimiento de especies arbóreas y arbustivas que mejoran el sistema ganadero y a su vez contribuyen a la restauración ecológica de los agroecosistemas.



Manejo de la sucesión vegetal para establecer pasturas con árboles



Muchas de las plántulas no son consumidas por el ganado y se pueden dejar para que prosperen y alcancen densidades hasta de 200 individuos por hectárea. Durante su crecimiento se deben hacer podas de formación para estimular su crecimiento vertical y permitir la entrada de luz solar a nivel del estrato más bajo del suelo.

La existencia o convivencia de árboles dentro de los potreros es una práctica con tendencia a desaparecer dentro de las ganaderías consideradas “tecnificadas”, debido a la creencia generalizada según la cual, el mejor potrero es aquel que solo permite el cultivo de gramíneas, y todo árbol debe ser eliminado porque limita disponibilidad de luz para la fotosíntesis de los pastos. Con este precepto, se han erradicado la mayoría de árboles que antes convivían en las ganaderías tradicionales, sin embargo, el componente arbóreo aporta invaluables beneficios para el suelo, los pastos y el ganado.

Los árboles dispersos son una característica prominente de muchos paisajes

modificados, y podría desempeñar un papel importante para facilitar la adaptación al cambio climático. Son estructuras clave, debido a los valores ecológicos y los servicios ecosistémicos que proporcionan en relación con el área que ocupan en estos paisajes. La cobertura vegetal permite movimientos multidireccionales de la biota a través de los paisajes y las redes ecológicas¹¹.

Muchos de estos árboles pueden ser fuente de alimento en las épocas secas por la gran producción de frutos, los cuales son consumidos por los animales. En la Figura 2 se observa la producción en Kg de frutos en trópico seco de la Palma de Vino *Acrocomia aculeata*, Guácimo *Guazuma ulmifolia*, Samán *Samanea saman* y Orejero o Piñón de Oreja *Enterolobium cyclocarpum*¹². Estos son sólo unos pocos ejemplos de la gran producción de frutos de árboles y palmas tropicales que en algunos casos pueden sobrepasar 100 kg por árbol en cada ciclo de fructificación.

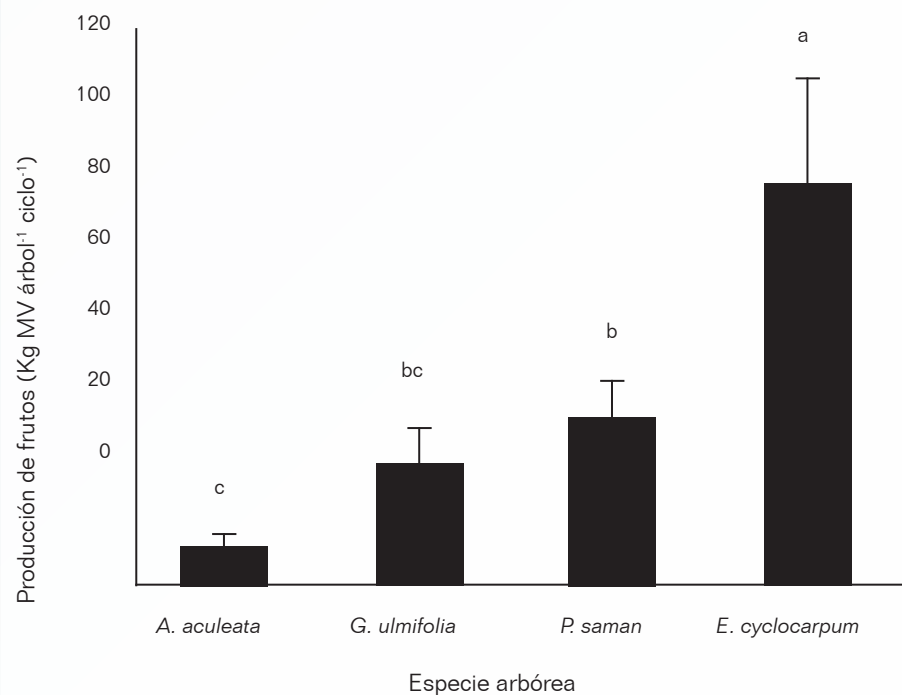


Figura 2. Producción de frutos de cuatro especies arbóreas en potrero
Fuente: Andrade & col, 2008

11. Manning et al, 2009. Scattered trees: a complementary strategy for facilitating adaptive responses to climate change in modified landscapes.

12. Andrade & col, 2008. En: Zootecnia Trop., 26(3): 289-292.





Cerca viva de Indio desnudo o Resbalamono *Bursera simaruba*.



Cerca viva de Matarratón *Gliricidia sepium* como fuente de forraje

Son estructuras que se utilizan para dividir los potreros o para delimitación de fincas o predios en el sector rural. Las cercas vivas son una estrategia que motiva a reemplazar las cercas hechas con postes muertos, genera entre otros beneficios el ahorro de dinero en su mantenimiento y reemplazo, evita la tala de árboles, ocasionalmente proveen leña y en el mediano y largo plazo, madera para la construcción en diferentes usos¹³. La siembra de cercas vivas puede ahorrar entre 30 y 70% los costos por mantenimiento y reemplazo de cercas muertas.

Las cercas vivas aportan a la conservación de la biodiversidad, proveen hábitats para la reproducción de aves, protección contra la intemperie y disponibilidad de alimentos como semillas, frutas y follaje para el ganado. También pueden funcionar como corredores biológicos para plantas, insectos, aves y mamíferos pequeños.

Son fuente de alimento para el ganado; su cosecha generalmente coincide con las temporadas de sequía cuando los pastos escasean. Algunas de las especies que se utilizan exclusivamente para la división de potreros, igualmente pueden utilizarse como fuentes de alimento

para los animales en las épocas críticas, además la gran mayoría de las especies utilizadas son una excelente fuente de proteína para los animales o proveen una buena cantidad de frutos; de igual forma este tipo de forrajes y frutos provenientes de las cercas pueden utilizarse en la elaboración de ensilajes.

Uno de los ejemplos del potencial que tienen las cercas vivas como fuente de forraje, es el uso del Tilo o Sauco en trópico alto. El aporte en la producción de forraje de tilo se estima en 15,57 toneladas de materia verde ha⁻¹ año⁻¹, el cual tiene un alto valor nutricional (16% de materia seca y 23,8% de proteína), lo que aporta 2,5 toneladas de M.S y 0,373 toneladas de proteína ha⁻¹ año⁻¹. El material cosechado se puede destinar a la suplementación del ganado en las épocas críticas y se recomienda hacer cortes cada 6 meses. Una ventaja del sistema es que la cosecha de forraje puede hacerse "ordeñando" las ramas y suministrarlo a los animales directamente en el potrero sin que se requiera una máquina picadora. Para tener el forraje equivalente a una hectárea, es necesario construir 600 metros de barreras vivas en doble línea, lo que arroja un total de 960 árboles de tilo¹⁴. (Tabla 2)

14. Galindo, 2008. Proyecto: "Montaje de modelos de ganadería sostenible basada en sistemas silvopastoriles en seis sub-regiones lecheras de Colombia". IICA, Fedegan, CIPAV, MADR.

Tabla 2.
Producción de forraje en potreros divididos con setos forrajeros

Producción de forraje kikuyo: trébol, Ton ha ⁻¹ año ⁻¹	78.214
No. Árboles ha ⁻¹	960
Producción forraje por árbol, kg	8
Producción forraje arbóreo por corte ha ⁻¹ , Kg	7.680
Producción forraje arbóreo ha ⁻¹ año ⁻¹ , Kg	15.573
Producción forraje total año ⁻¹ , ton	93.788

Fuente: Galindo, 2008.

2.4.1 Corrales vivos para el manejo del ganado.

El manejo de los animales en las explotaciones ganaderas, ya sea en actividades individuales o grupales, requiere la construcción de sitios que permitan desarrollar las labores propias del sistema de producción, utilizando instalaciones como corrales, establos, embudos, palpaderos

y embarcaderos; sin embargo, a veces estas instalaciones no tienen en cuenta los requerimientos mínimos de comodidad de los animales, suministro de sombra, comportamiento animal y en la mayoría de los casos se necesita una buena cantidad de dinero para poder establecerlas¹⁵.

Para este propósito existen alternativas de construcción utilizando árboles que se pueden propagar por estacas, dependiendo la especie a utilizar y de la altura sobre el nivel del mar (Tabla 3); además, sus costos de establecimiento son bajos.



Mezcla de embudo vivo y embarcadero.

15. Zuluaga, 2008. Corrales vivos para el manejo del ganado. Carta Fedegan No. 108.



En algunos casos las estacas se plantan tan continuas que no se hace necesario la utilización de alambre, pero en el caso que se requieran tener sitios con mayor resistencia como en los palpaderos y embarcaderos, se pueden hacer mezclas de corrales vivos con estructuras en hierro o con madera proveniente de bosques plantados. Igualmente se puede convertir el corral convencional en un corral vivo, solamente sembrando estacas alrededor del perímetro.



Los corrales vivos contribuyen con el bienestar animal

Tabla 3.
Especies para la construcción de corrales que se pueden propagar por estacas.

Nombre Común	Nombre científico	Clima
Matarratón	<i>Gliricidia sepium (Jacq.)</i>	Cálido y medio
Indio desnudo, resbalamono	<i>Bursera simaruba (L.) Sarg.</i>	Cálido
Ciruelo, Jobo Colorado	<i>Spondias mombim L.</i>	Cálido y medio
Totumo, Calabazo	<i>Crescentia cujete L., C. alata Kunth</i>	Cálido y medio
Vainillo, Flor Amarillo	<i>Senna spectabilis (DC.)</i>	Cálido y medio
Papayuelo	<i>Jatropha aconitifolia Mill</i>	Cálido y medio
Pízamo	<i>Erythrina fusca Lour</i>	Cálido y medio
Cachimbo	<i>Erythrina poeppigiana (Walp.)</i>	Cálido y medio
Ceiba Tolua	<i>Bombacopsis quinata (Jacq.)</i>	Cálido y medio
Macano, Guachipelín	<i>Diphysa americana (Mill.) M. Sousa</i>	Cálido y medio
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea (Bonpl.) Nees</i>	Medio y frío
Chocho	<i>Erythrina rubrinervia H.B.K.</i>	Medio y frío
Lechero	<i>Euphorbia latazii Kunth</i>	Frío
Chachafruto	<i>Erythrina edulis Triana</i>	Frío
Liberal, lechero rojo	<i>Euphorbia cotinifolia L.</i>	Frío
Sauce	<i>Salix humboldtiana Willd</i>	Frío
Sauco	<i>Sambucus sambucus</i>	Frío
Tilo	<i>Sambucus peruviana Kunth</i>	Frío

Fuente: Zuluaga, 2008.

2.5. Barreras rompevientos.



Las barreras rompevientos disminuyen el efecto desecante de los vientos en el verano.

También son llamadas cortinas cortavientos o cinturones verdes de protección. Estos arreglos agroforestales son de gran importancia especialmente durante la época de verano, cuando las corrientes de aire contribuyen a secar los pastos, disminuyendo la disponibilidad de forrajes para el ganado. Estas se pueden convertir en una herramienta importante en el control de vientos, y con este propósito se siembran en hileras simples, dobles o triples; el número de hileras dependerá de la intensidad de los vientos¹⁶.

Estas barreras pueden impedir daños mecánicos causados por los vientos violentos, evitan daños en la floración de otros árboles y por ende de la fructificación, ayudan a reducir la tasa de pérdida de agua por evapotranspiración

en los pastos y cultivos, en zonas cercanas a las costas pueden proteger a los cultivos de la salpicadura salina (barrera antisal), contribuyen en la reducción de las pérdidas por evaporación de los estanques, canales de riego y otros espejos de agua, ayudan a mejorar la polinización de los cultivos por los insectos, entre otros efectos positivos¹⁷.

Paralelamente, las cortinas cortavientos son muy visitadas por aves y otros animales que pueden ser control biológico de garrapatas y moscas, las cuales afectan directamente al ganado. De igual forma, las aves utilizan estas zonas como refugio, percha, anidamiento y pueden convertirse en focos de regeneración de bosques por la dispersión de semillas que hacen dentro de estos espacios¹⁸.

2.6. Bancos Mixtos de Forraje.

Los Bancos forrajeros son cultivos intensivos cuya finalidad es producir hojas y tallos de gran valor nutritivo para la alimentación de los animales por medio de sistemas de corte y acarreo. Dentro de los bancos forrajeros podemos conside-

rar tanto los cultivos de pastos de corte, caña de azúcar, así como especies leñosas (árboles y arbustos). Estos forrajes pueden suministrarse frescos, secarse para producir harina o ensilarse¹⁹.

16. Moreno & col, 2008. Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina. Cartilla #3. Fedegan, Sena, Cipav.
17. FAO, 1990. Estudio FAO Montes 90: Silvicultura y Seguridad Alimentaria.
18. Harvey y Sáenz, 2007. Evaluación y conservación de paisajes fragmentados en Mesoamérica.
19. Fedegan, Cipav, Sena, 2010. Establecimiento y manejo de bancos mixtos de forrajes.





Banco Mixto con Caña de azúcar *Saccharum officinarum* y Nacadero *Trichanthera gigantea*



Banco forrajero con Ramio *Boehmeria nivea* cerca de una fuente de agua

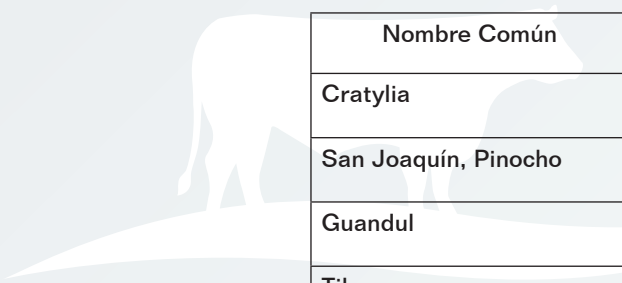
Estos forrajes pueden utilizarse en la alimentación de rumiantes y también en la alimentación de monogástricos (aves, porcinos, equinos, conejos y peces). Además podrían utilizarse en modelos agroforestales como abonos verdes o en asocio con bancos de forraje o huertas para la seguridad alimentaria humana y animal.

En la tabla 4 se observan los principales árboles y arbustos que son utilizados como forraje; sin embargo es importante recalcar que existe una gran variedad de forrajes que se utilizan tradicionalmente en sistemas de producción campesina, pero sobre los cuales no se tiene mucha información disponible.

Tabla 4.
Principales árboles y arbustos que son utilizados como forraje.

Nombre Común	Nombre científico	Familia	Clima*
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	FABACEAE	C, M
Botón de oro	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray	ASTERACEAE	C, M, F
Morera	<i>Morus alba</i> L.	MORACEAE	C, M
Ramio	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich.	URTICACEAE	C, M
Písamo, Cachimbo	<i>Erythrina fusca</i> Lour.	FABACEAE	C, M
Bore	<i>Xanthosoma sagittifolium</i> (L.) Schott	ARACEAE	C, M
Nacadero, Quiebrabarrigo	<i>Trichanthera gigantea</i> (Bonpl.) Nees	ACANTHACEAE	C, M
Maní forrajero	<i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C. Greg.	FABACEAE	C, M

* Cálido: C,
Medio: M,
Frío: F



Nombre Común	Nombre científico	Familia	Clima*
Cratylia	<i>Cratylia argentea (Desv.) Kuntze</i>	FABACEAE	C, M
San Joaquín, Pinocho	<i>Hibiscus rosa-sinensis L.</i>	MALVACEAE	C, M
Guandul	<i>Cajanus cajan (L.) Huth</i>	FABACEAE	C, M
Tilo	<i>Sambucus peruviana Kunth</i>	ADOXACEAE	C, M, F
Marango, Moringa	<i>Moringa oleifera Lam.</i>	MORINGACEAE	C, M
Nopal	<i>Opuntia spp.</i>	CACTACEAE	C

* Cálido: C,
Medio: M,
Frío: F

La mayoría de las hojas de forrajes presentan un contenido importante de proteína cruda, cercano a 20%, con valores superiores en Botón de Oro y Ramio²⁰. Asimismo es importante recalcar el alto contenido de cenizas (minerales) de la mayoría de los forrajes y como en el caso del Bore, son una buena fuente de energía (Tabla 5).

Tabla 5.
Composición química de forrajes.

	Humedad	Proteína Cruda	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Cenizas	ELN* o Energía Bruta
Nacedero	79	16	8	17-26	16-19	15 MJ/kg.
Ramio	77	16	5	20	14	48%
Morera	74	15-20	3	19	20	42%
Bore (hoja)	87	21-22	6	15-19	16	38%
Bore (Tallo)	90	6-10	1	12-16	15	66%
Pringamosa	81	28	2	18	31	28%
Matarratón	88	20-23		21		
Guandul	12	22-23	2	10	5	
Botón de Oro	95	21-28	6	15	17	17 MJ/kg.
Frijol Caupí	85	16		26.3		3006 kcal/kg

Fuente: Sarria & col, 2006.

*ELN: Extracto Libre de Nitrógeno.

20. Sarria y Leterme, 2006. Valor nutricional de algunas forrajeras para la alimentación de monogástricos.



Con respecto al uso de estos forrajes para la suplementación animal, un estudio con terneras de la raza Lucerna desde los cinco días hasta los cuatro meses de edad, evaluó el efecto de la suplementación con hoja de morera fresca a voluntad (*Morus alba* var. Kanva 2) y concentrado comercial, el cual se restringió en el 25% y 50% en referencia al grupo testigo. Las terneras recibieron leche residual por amamantamiento restringido, dos veces por día durante 20 minutos, logrando consumos de leche de 1,8 a 3,0 litros por día por animal. El grupo de terneras que recibió como suplemento sólo concentrado tuvo una ganancia diaria de peso de 406 gramos por animal, frente a 437 gramos a las que se les reemplazó el 25% del concentrado por morera y 406 gramos al grupo que se les reemplazó el 50% del concentrado. Aunque hubo diferencias en la ganancia diaria de peso

entre los grupos de novillas, no hubo diferencias estadísticas significativas²¹.

En un estudio reciente, se evaluó el uso del Botón de Oro como suplemento forrajero para la producción de leche, para lo cual se contó con los siguientes tratamientos: (i) 100% concentrado, (ii) 75% concentrado, 25% Botón de Oro, (iii) 65% concentrado, 35% Botón de Oro.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos para la variable producción de leche. La producción promedio de leche en el tratamiento 1: 12,5 lt; tratamiento 2: 12,41 lt y tratamiento 3: 12,39 lt.; sin embargo, el costo de suplementación fue más bajo en los tratamientos en los que se reemplazó concentrado por forraje de botón de oro.

Tabla 6.
Valor mensual de la suplementación de 100 vacas.

Tratamiento (Suplemento)	Consumo Kg. /vaca/día		Costo de la suplementación (\$) 100 vacas/mes		
	Concentrado	Botón de oro (FV)*	Concentrado	Botón de oro	Total
100% Concentrado	3	0	7.875.000	0	7.875.000
25% Botón de oro	2,3	4	5.906.250	842.176	6.748.426
35% Botón de oro	2	5,6	5.118.750	1.179.047	6.297.797

*FV: Forraje Verde
Mahecha et al, 2008

3. PROTOCOLO PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO (SSPI) CON LEUCAENA Y ÁRBOLES MADERABLES. COSTOS Y ANÁLISIS FINANCIERO.

César A. Cuartas, Juan F. Naranjo, Carlos H. Molina, Enrique Murgueitio, Luís H. Solarte, Liliana M. Valencia, Fernando Uribe.

A continuación se describen los pasos a seguir para el establecimiento de un SSPi con Leucaena, pastos mejorados y árboles maderables.

21. González & col, 1996. Utilización de la morera (*Morus alba*) como reemplazo parcial del concentrado en la crianza de terneras

3.1. Selección de la finca.

Se realiza una visita de reconocimiento a la finca en la que se determina si cumple con los requisitos mínimos para ser elegible:

- Predio sin problemas de tenencia de la tierra.
- Habitado.
- Disponibilidad permanente de agua para abreviar a los animales.

3.2. Análisis de suelo.

Antes de iniciar el establecimiento se debe construir una calicata de 50 cm de lado por 1 m de profundidad, cuyo fin es:

- Determinar la textura del terreno en las diferentes profundidades.
- Buscar zonas de compactación.
- Ubicar zonas o láminas impermeables subsuperficiales.
- Detectar niveles freáticos o encharcamientos que afecten a la Leucaena.
- Evaluar la profundidad de penetración de la vegetación presente (pastos, arvenses, arbustos o árboles).
- Evaluar la presencia o no de indicadores de actividad biológica (lombrices, coleópteros).
- Evaluar vetas subterráneas de roca o arena.

Durante la construcción de la calicata se toman muestras de suelo para los análisis de laboratorio (propiedades físicas y químicas). Se toma una muestra del horizonte "A" de 0 a 30 cm de profundidad y otra del horizonte "B" de 30 a 90 cm; estas muestras se etiquetan y se envían a laboratorio.



Calicata para la toma de muestra de suelos.



Se determina si hay o no compactación.

Teniendo en cuenta el análisis de suelos, las condiciones requeridas para que el lote sea elegible para el establecimiento del SSPi con *Leucaena leucocephala* son las siguientes: debe ser de fertilidad media a alta; suelo desde alcalino, neutro, hasta ligeramente ácido; sin niveles de alta saturación o toxicidad por aluminio o hierro; que el terreno no sea inundable, sin encharcamientos y que el nivel freático no sea elevado.



Cuidados al tomar muestras del suelo.

La muestra de suelo obtenida debe representar perfectamente al lote. Durante el muestreo evite fumar, comer, o manipular otros productos (cal, fertilizantes, cemento, etc.) para evitar la contaminación de la muestra y obtener resultados falsos. No tome muestras cerca de los caminos, canales, viviendas, linderos, establos, saladeros, estiércol, estanques o lugares donde se almacenen productos químicos, materiales orgánicos, o en

lugares donde hubo quemas recientes. Lávese bien las manos antes de hacer el muestreo. No utilice bolsas o costales donde se hayan empacado productos químicos, fertilizantes, cal o plaguicidas.

Una vez realizada la toma de datos en la calicata se debe efectuar el tapado del hueco y tomar una fotografía con fecha impresa para dejar constancia de la acción.

3.3. Preparación de suelo.

Como primer paso se sobre pastorea el lote para facilitar las labores de establecimiento.

3.3.1 Poda y entresaca de árboles.

Se seleccionan y se dejan en el lote los árboles y arbustos de buen desarrollo, conservando la mayor variedad posible de especies incluyendo árboles maderables, para sombrío, y que proporcionen alimento (hojas y frutos) no solo para el ganado sino también para toda la fauna asociada. A esta selección se le hacen podas de formación y se eliminan las ramas que puedan interferir con las labores de preparación del suelo.

3.3.2 Primer pase de rastra.

Después de la entresaca y poda de árboles y arbustos se procede a la preparación del terreno con tractor (potencia mayor a 110 hp) y rastra pesada tipo Rome con el fin de voltear el material vegetal y exponer las raíces para que se deshidraten y sea eliminada la cepa de plantas existentes, además para preparar el área para la subsolada.

3.3.3 Subsuelo.

Se prepara el terreno con tractor de elevada potencia (mínimo 110 hp) y arado de cincel vibratorio o rígido (subsolador profundo). Se deben realizar dos pases con el subsolador, uno a favor de la pendiente y el otro orientado este – oeste, con una profundidad mínima de 40 cm. Esta labor se debe realizar al final de la época seca. En suelos muy arenosos solamente se realiza una labor de subsuelo, cincelandos en dirección este-oeste.

3.3.4 Segundo pase de rastra.

Esta labor se hace para desmoronar la tierra, facilitar la construcción de los caballones y para hacer control temprano de las arvenses que alcancen a germinar antes de la siembra.



3.3.5 Construcción de caballones.

El caballón es un lomo de tierra que se levanta entre dos surcos para evitar el encharcamiento y que las precipitaciones muy fuertes puedan hundir o arrastrar la semilla. Se orientan siempre de oriente a occidente para disminuir la sombra sobre los pastos y facilitar su rebrote; en la orientación de los caballones se debe utilizar siempre una brújula para evitar errores. Se hacen ligeras excepciones

(diagonales) pero nunca de sur a norte, solo cuando la pendiente del terreno exige prácticas de conservación (pendientes elevadas) o cuando se tiene riego por gravedad.

La distancia entre surcos es de 1,5 m y la altura del caballón es de 20 a 30 cm; es indispensable usar banderas de guía para facilitar la labor.

3.4. Siembra de la leucaena.

Se debe utilizar semilla con certificado de origen y prueba de germinación previa.

3.4.1 Preparación de la semilla para la siembra.

Escarificación:

Se toman 10 kilos de semilla, preferiblemente en un saco de fique, se sumergen en un recipiente con agua a 80° C durante tres minutos, se controla con termómetro la temperatura y luego se esparce la semilla para que pierda calor sobre un lugar fresco y a la sombra.

La escarificación también se puede hacer dejando la semilla en agua a temperatura ambiente durante 12 horas; con este método se facilita la selección de la semilla de mala calidad, eliminando toda la que flota.

Inoculación:

Es indispensable inocular la semilla de Leucaena con bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium* spp. Ferbiol[®] es el nombre comercial del inóculo, el cual es producido en un medio a base de turba estéril, con una concentración de 109 unidades formadoras de colonias-ufc por gramo.



Inóculo específico para leucaena



Proceso de inoculación de la semilla



El inóculo se debe conservar refrigerado hasta el momento de su utilización. La inoculación se hace adhiriendo el *Rhizobium* con pegantes naturales como melaza o agua azucarada espesa. Para 10 kilos de semilla se disuelve una libra de azúcar en 250 cc de agua hasta obtener una solución viscosa, homogénea y sin grumos; la semilla se mezcla con el agua azucarada hasta que quede totalmente cubierta y su apariencia sea brillante; se adicionan luego 500 gramos (50 g de inóculo por kg de semilla) de Ferbio[®] a los 10 kg de la semilla impregnada con el agua azucarada, la cual pierde su brillo al adherirse el inóculo quedando opaca.

Secado y peletización:

Para secar la semilla y formar un pelet que la proteja se adicionan 1,5 kilos de cal (150 a 200 gramos por kg de semilla). La semilla peletizada debe permanecer a la sombra y sembrarse el mismo día.

3.5. Siembra.

Se puede hacer manual o mecanizada, utilizando de 7 a 10 kg de semilla por hectárea. La profundidad de la siembra no debe ser mayor de 2 cm; cuando se hace manual, se siembran de 5 a 7 semillas por sitio, con una distancia entre sitios de 40 cm.

En la asociación con maderables, se siembran 18 surcos seguidos de leucaena y se dejan tres para los árboles.

Debido a que la leucaena crece lentamente durante los primeros 45 días después de la siembra, y para evitar la competencia con arvenses, se siembra maíz como tutor por su rápido crecimiento; la siembra de este se hace detrás de la siembra de leucaena, sobre el lomo del caballón a una distancia de 5 metros entre plantas. El maíz demarca el surco y facilita el control temprano de arvenses.

3.6. Resiembra.

Diez días después de la siembra se cuenta en tres surcos al azar el número de leucaenas en 10 metros lineales; si la pérdida supera el 5%, se hace resiembra.

3.7. Control de arvenses.

Se debe realizar control temprano de arvenses **“Limpiar lo que está limpio”**, uno a dos controles con cultivadora antes de la siembra de los pastos.

La labor de cultivadora sirve para voltear e incorporar las arvenses, aporcar la leucaena, remover el suelo de las calles, y formar una cama adecuada para la siembra de los pastos.

Las arvenses pequeñas en baja población se controlan a mano (machete, azadón o pala); para esta labor se requiere de uno a dos jornales por ha.

En casos donde se haya alta resurgencia de arvenses después de la preparación de suelo se usan herbicidas tales como el glifosato para control de hoja ancha y gramíneas; si el problema se debe a la presencia de cyperáceas como el coquito *Cyperus rotundus L.*, se aplica glifosato cuando esté florecido. Como pre emergente se puede usar el alaclor a una dosis de 4 litros por ha, o el linurón con dos litros por ha. En casos de alta resurgencia de plantas de hoja ancha se recomienda el bentazón 2,5 litros por ha.



3.8. Siembra de pasto.

La siembra del pasto Tanzania *Panicum maximum cv Tanzania* o Mombasa *Panicum maximum cv Mombasa*, se hace dos a tres semanas después de la siembra de leucaena, y posterior al control temprano de arvenses. Se utilizan ocho kg de semilla por ha, sembrada con máquina de voleo manual. Si es necesario se hace resiembra con semilla sexual, y en áreas pequeñas se resiembra por macollo.

El pasto estrella africana *Cynodon plectostachyus* se siembra a los 45 días de sembrada la leucaena, utilizando de dos a tres toneladas de semilla vegetativa (estolones) por hectárea; los estolones (trozos de 30 a 40 cm de longitud) se siembran a chuzo en el centro de las calles cada 20 ó 30 cm.

3.9. Siembra de árboles maderables.

Se siembran 500 árboles por ha; por cada 18 surcos en los que se siembra leucaena, se siembran tres surcos de maderables. En el caso del Eucalipto *Eucalipto tereticornis* o *Eucalipto camaldulensis*, se siembra a 1,5 m entre filas y 2 m entre árboles, en tres bolillo. El ahoyado debe ser de 15 cm de ancho por 30 cm de profundidad; se siembra un árbol por sitio.

tres gramos de hidrorretenedor por árbol; en condiciones de suelo seco, se hidrata previamente disolviendo tres gramos en 750 cc de agua. Al momento de la siembra, aplicar en el fondo del hoyo Lorsban^R al 2,5 %, 7 g/planta, para controlar plagas.

Para mantener la humedad se aplican

Sembrar el árbol en el centro del hueco sin dejar bolsas de aire. Realizar control temprano de arvenses de forma manual.

3.10. Podas de formación de árboles maderables.

La finalidad de la poda es corregir defectos de formación y obtener la mayor cantidad posible de madera libre de nudos. La poda correcta se debe realizar mediante un corte limpio, lo más cercano al tronco, pero sin dañar el cuello y procurando no dejar muñón. De esta manera

se facilita la cicatrización evitando la entrada de enfermedades.

Durante el verano, después del primer año de edad, y en algunos casos cuando no se da una buena autopoda, se debe realizar otra poda.

Puntos críticos de control.

Tabla 7:
Labores mecanizadas.

Labor	Capacidad del tractor	Implemento	Rendimiento	Factor crítico de control
Rastra 1	Mínimo 110 hp	Rastra pesada tipo Rome	(ha por día)	Desramada de árboles. Limpieza previa de lote.
Subsuelo 1	Mínimo 110 hp	Cinzel vibratorio o rígido. Tres cinceles a 80 cm de distancia cada uno.	15	Orientado este- oeste. Profundidad efectiva 40 cm. En suelos arenosos.
Subsuelo 2	Mínimo 110 hp	Cinzel vibratorio o rígido. Tres cinceles a 80 cm de distancia cada uno.	4 a 6	A favor de la pendiente, cruzado con un ángulo de 45 grados respecto al subsuelo 1. En suelos arenosos no se hace esta labor.
Rastra 2	80 a 100 hp	Rastra liviana	4 a 6	En suelos arenosos no excederse con la rastra
Caballoneo	70 a 100 hp	Cultivadora	15	Orientado en sentido este oeste. 20 a 30 cm de altura.
Cultivada	70 a 100 hp	Cultivadora	20	Control temprano de arvenses con dos a tres hojas.



Puntos críticos de control.

Tabla 7:
Labores mecanizadas.

Labor	Capacidad del tractor	Implemento	Rendimiento	Factor crítico de control
Rastra 1	Mínimo 110 hp	Rastra pesada tipo Rome	(ha por día)	Desramada de árboles. Limpieza previa de lote.
Subsuelo 1	Mínimo 110 hp	Cinzel vibratorio o rígido. Tres cinceles a 80 cm de distancia cada uno.	15	Orientado este- oeste. Profundidad efectiva 40 cm. En suelos arenosos.
Subsuelo 2	Mínimo 110 hp	Cinzel vibratorio o rígido. Tres cinceles a 80 cm de distancia cada uno.	4 a 6	A favor de la pendiente, cruzado con un ángulo de 45 grados respecto al subsuelo 1. En suelos arenosos no se hace esta labor.
Rastra 2	80 a 100 hp	Rastra liviana	4 a 6	En suelos arenosos no excederse con la rastra
Caballoneo	70 a 100 hp	Cultivadora	15	Orientado en sentido este oeste. 20 a 30 cm de altura.
Cultivada	70 a 100 hp	Cultivadora	20	Control temprano de arvenses con dos a tres hojas.

Tabla 8.
Labores establecimiento.

Labor	Descripción	Factor crítico de control
Semilla de leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Procedencia certificada. Almacenamiento en condiciones adecuadas. Control de hongos y plagas. Prueba de germinación.
Escarificación	Agua caliente	Control de la temperatura (80 grados centígrados).
Inoculación	Cepa C50 ICA	Controlar la cadena de frío hasta su utilización. 50 gramos de inóculo por kilo de semilla. Mantener la semilla a la sombra mientras se siembra. Eliminar semilla escarificada no sembrada el mismo día.
Siembra de leucaena	Manual o mecánica	Surcos dirección este-oeste verificar con brújula. Humedad adecuada. Profundidad de siembra de la semilla: 2 cm. Siembra de cultivo tutor (maíz) Rendimiento 2 a 3 jornales por ha
Control de arvenses	Manual o mecánico	Control temprano cuando tengan de 2 a 3 hojas como máximo.
Siembra de pastos	Manual	Pasto Tanzania o Mombasa 8 kilos por ha. Pasto estrella 2 a 3 toneladas por ha. Sembrar el pasto 2 o 3 semanas después de la siembra de la leucaena.
Siembra de árboles	Manual	3 gramos de hidrorretenedor por árbol. 1,5 m entre filas y 2 m entre árboles, en tres bolillo. Control temprano de arvenses. Rendimiento 250 árboles por jornal. Resiembras (mantener 500 árboles por ha) Hacer las podas oportunamente.

3.11. Costos de establecimiento y análisis financiero.

Se presenta un análisis comparativo con cuatro sistemas de producción: Praderas degradadas, praderas mejoradas, Sistema silvopastoril intensivo y Sistema silvopastoril intensivo con maderables para módulos de 50 hectáreas

Tabla 9.
Costos módulo 50 hectáreas.

Sistema de producción	Pradera degradada	Pradera mejorada 1	Pradera mejorada 2	Silvopastoril intensivo SSPi	SSPi con maderables
1- Inversión inicial	24.905.000	165.543.417	165.543.417	169.405.194	202.878.276
1. Insumos siembra		53.375.050	53.375.050	37.921.500	37.921.500
2. Adecuación y preparación de suelos		23.490.000	23.490.000	23.490.000	23.481.000
3. Mano de obra siembra		36.310.000	36.310.000	24.559.800	24.559.800
4. Mano de obra control de arvenses		3.000.000	3.000.000	27.690.800	27.690.800
5. Insumos cerca eléctrica (400m)		11.593.323	11.593.323	11.593.323	11.593.323
6. Mano de obra cerca eléctrica		7.075.000	7.075.000	7.075.000	7.075.000
7. Insumos abrevaderos o bebederos		14.156.600	14.156.600	14.156.600	14.156.600
8. Mano de obra abrevaderos o bebederos		4.200.000	4.200.000	4.200.000	4.200.000
9. Transportes		12.343.444	12.343.444	18.718.171	11.075.353
10. Preparación de suelos maderables (500 árboles/ha)					22.500
11. Insumos siembra de maderables					17.864.000
12. Siembra (2x2 en triángulo)					23.238.400
2- Mano de obra mantenimiento	7.479.860	8.823.330	8.823.330	11.728.130	11.728.130
3- Producción animal/ha/año	6.043	27.940	34.149	44.835	38.402
1. Vacunación	1.140	1.710	2.090	4.110	3.786
2. Baños ectoparásitos	2.457	3.686	4.505	0	0
3. Vermifugación	1.920	2.880	3.520	2.400	2.040
4. Suplemento mineral	526	19.664	24.034	38.325	32.576



Tabla 10.
Información productiva ha⁻¹ año⁻¹.

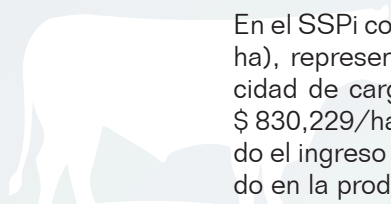
Sistema de producción	Pradera degradada	Pradera mejorada 1	Pradera mejorada 2	Silvopastoril intensivo SSPi	SSPi con maderables
UGG / ha	0,6	0,9	1,1	3	2,55
GDP / UGG (gramos)	250	400	400	650	800
GDP / ha (gramos)	150	360	440	1.950	2.040
GDP/ha/año (kilos)	55	131	161	712	745
Valor kg en pie	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Costo kg de carne Fuente CCI, 2009	825	1.685	1.685	1.685	1.685
Ingreso por carne / ha / año	180.131	146.511	179.069	793.601	830.229
Ingreso madera / ha primer turno, año 6					1.590.681
Ingreso madera / ha segundo turno, año 9					830.229
Ingreso madera / ha turno final, año 12					22.965.466
Ingresos totales / ha (madera de Eucalipto)					25.386.376

En el sistema de praderas degradadas, con una capacidad de carga de 0,6 UGG/ha y un incremento de 250 gramos de peso diario o producciones de leche de 1,5 lt/vaca/día/lactancia, no se alcanzan a cubrir los costos anuales de mantenimiento representados en rocería y establecimiento y mantenimiento de cercas.

El sistema de pasturas mejoradas se analiza con dos escenarios de capacidad de carga: 0,9 y 1,1 UGG / ha, con un incremento de peso de 400 gramos por día o 3,5 litros de leche /vaca/día.

Con un costo aproximado de \$3.300.000 pesos por hectárea para el establecimiento de un sistema con pasturas mejoradas, y teniendo en cuenta la producción de carne o leche anteriormente citada, se tiene una tasa interna de retorno negativa para estos dos escenarios.

En el sistema silvopastoril intensivo, con una inversión similar a la de las pasturas mejoradas (\$ 3.400.000/ha), se incrementa la capacidad de carga a tres animales/ha, se reducen los costos de mantenimiento de la pradera y del control sanitario de los animales, logrando tasas internas de retorno – TIR del 13% en carne y 12% en leche.



En el SSPi con maderables, si bien las inversiones iniciales son mayores (\$ 4.100.000/ha), representadas principalmente por la siembra de los árboles, y aunque la capacidad de carga de 2,5 UGG/ha es menor que en el SSPi, se obtienen ingresos de \$ 830,229/ha/año por venta de carne y de \$ 28.209.744 por venta de madera sumando el ingreso de los tres turnos de cosecha; la TIR prácticamente se duplica, obteniendo en la producción de carne tasas del 28% y en leche del 27%. (Tabla 11)

Tabla 11.
Indicadores económicos.

Sistema de producción	Pradera degradada	Pradera mejorada 1	Pradera mejorada 2	Silvopastoril intensivo SSPi	SSPi con maderables
Inversión por ha	498.100	3.310.868	3.310.868	3.388.104	4.057.566
UGG / ha	0,6	0,9	1,1	3	2,55
Tasa Interna de Retorno, TIR Carne	No viable	No viable	No viable	13%	28%
Tasa Interna de Retorno, TIR Leche	11%	-1%	-11%	12%	27%

Fuente: Hacienda El Porvenir. Ejemplo de reconversión productiva.
FEDEGAN, SENA, CIPAV. Junio 2010



4. BIBLIOGRAFÍA.

ANDRADE, H., ESQUIVEL, H., IBRAHIM, M. 2008. Disponibilidad de forrajes en sistemas silvopastoriles con especies arbóreas nativas en el trópico seco de Costa Rica. En: *Zootecnia Trop.*, 26(3): 289-292. 2008

FEDEGAN, CIPAV, SENA, 2010. Establecimiento y manejo de bancos mixtos de forrajes. Bogotá, D.C., Colombia.

GALINDO, 2008. Proyecto: "Montaje de modelos de ganadería sostenible basada en sistemas silvopastoriles en seis sub-regiones lecheras de Colombia". IICA, FEDEGAN, CIPAV, MADR.

GONZÁLEZ, S.E., MEJÍA, I. 1994. Utilización de la morera (*Morus alba*) como reemplazo parcial del concentrado en la crianza de terneras. Tesis de grado, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.

GUERRA, L. 2009. Principales incidencias del cambio climático en la ganadería colombiana: Un acercamiento a estrategias de mitigación y adaptación en el sector ganadero. Valoración de portafolio silvopastoril y evaluación de la huella de carbono en fincas ganaderas. CATIE, CIPAV. Cali, Colombia. 42p.

HARVEY, C., SÁENZ, N. 2007. Evaluación y conservación de paisajes fragmentados en Mesoamérica. INBio, CATIE, UNA. Heredia, Costa Rica. 620p.

IBRAHIM, M., PEZO, D. 1998. Sistemas Silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal No. 2. CATIE, GTZ. Turrialba, Costa Rica.

MANNING, A., GIBBONS, P., LINDENMAYER, D. 2009. Scattered trees: a complementary strategy for facilitating adaptive responses to climate change in modified landscapes. En: *Journal of Applied Ecology* 2009, 46, 915–919

MOLINA, C.H., URIBE, F. 2002. Experiencias en producción limpia de Ganaderías en Pastoreo. En: *Competitividad en Carne y Leche. Memorias del III Seminario Internacional. Cooperativa Lechera de Antioquia, COLANTA. Medellín, Colombia pp.333-354.*

MOLINA, C.H., MOLINA, C.H., MOLINA, E.J., MOLLINA, J.P. 2008. Carne, leche y mejor ambiente en un sistema silvopastoril intensivo con leucaena. En: Murgueitio E., Cuartas C. y J. Naranjo (eds). *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo.* Fundación CIPAV. Cali, Colombia. Pp 41-65.

MORENO, F.C., BUSTAMANTE, C., MURGUEITIO, E., ARANGO, H.A., CALLE, Z., CUARTAS, C., NARANJO, J.F., CARO, M.F. 2008. Cartilla # 3: Medidas integrales para el manejo ambiental de la ganadería bovina: Recurso Natural Floras. FEDEGAN, SENA, CIPAV.

MURGUEITIO, M., CUELLAR, P., IBRAHIM, M., GOBBI, J., CUARTAS, C.A., NARANJO, J.F., ZAPATA, A., MEJÍA, C., ZULUAGA A.F., CASASOLA, F. 2007. Adopción de sistemas agroforestales pecuarios. En: *Memorias IV congreso Latinoamericano de agroforestería pecuaria. III simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible.* Varadero, Cuba.



SÁNCHEZ, M. 1999. Sistemas Agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. FAO. Roma, Italia.

SARRIA, P., LETERME, P., LONDOÑO, A., BOTERO, M. 2006. Valor nutricional de algunas forrajeras para la alimentación de monogástricos. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/patricia.htm

STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T., CASTEL, V., ROSALES, M., DE HAAN, C. 2009. FAO, LEAD. La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones. Roma, Italia. 493p.

ZULUAGA, A.F., CHARÁ, J.D., GIRALDO, C., CALLE, Z., MURGUEITIO, E. 2007. Influencia de los sistemas silvopastoriles sobre el comportamiento de bovinos adultos en pastoreo. Centro de Investigaciones y Estudios en Biodiversidad y Recursos Genéticos CIEBREG, CIPAV. Informe de investigación. Pereira, Risaralda.

ZULUAGA, 2008. Corrales vivos para el manejo del ganado. Carta Fedegan No. 108. http://portal.fedegan.org.co/pls/portal/docs/PAGE/FNG_PORTLETS/PUBLICACIONES/CARTAAFEDEGAN/EDICIONESANTERIORES/EDICION_108/CF_108_CIPAV.PDF





FEDEGAN
FONDO NACIONAL DEL GANADO **FNG**

